IA.I. PERELMAN

FIZICĂ DISTRACTIVĂ

IA. I. PERELMAN
FIZICA DISTRACTIVĂ

**

Traducere din limba rusă de LIDIA ȘARGU și VASILE SUCIU

Desene după originalul ediţiei ruse

DIN PARTEA REDACȚIEI SOVIETICE

Ediția de față a cărții Fizica distractivă de Ia. I. Perelman este cea de-a 17-a. Precedenta ediție a apărut cu cinci ani în urmă și s-a epuizat de mult.

Cartea își datorează succesul talentului deosebit al autorului de a observa și a culege din viață fapte și fenomene obișnuite, dar în același timp cu sensuri profunde în esența lor fizică. Forma accesibilă și caracterul distractiv al expunerii au contribuit și ele la popularitatea de care se bucură această lucrare.

Scriindu-și cartea, autorul i-a stabilit cu precizie scopul. Povestind despre noțiuni și legi de mult cunoscute și bine determinate, autorul își raportează expunerea la bazele fizicii moderne, căutând să obișnuiască cititorul de „a gândi în spiritul fizicii”. Privind lucrurile de pe aceste poziții, este ușor de înțeles de ce nu s-a rezervat loc pentru cele mai noi realizări ale radioelectronicii, fizicii atomice și altor probleme actuale.

Această carte, scrisă cu aproape o jumătate de secol în urmă, a fost mereu prelucrată și completată de autor până la ediția a 13-a inclusiv (1936). Edițiile a 14-a și a 15-a (1947 și 1949), care au apărut după moartea autorului, au fost redactate de prof. A. B. Mlodzeevski. La pregătirea și la redactarea ediției a 16-a a participat docentul V. A. Ugarov.

Reeditând din nou Fizica distractivă, redacția nu și-a propus o prelucrare radicală a textului acestei cărți, a cărei reputație este recunoscută. De aceea au fost înlocuite în textul original doar unele cifre și definiții depășite, au fost eliminate unele proiecte care nu au dat rezultatele scontate, au fost reînnoite și corectate unele desene și au fost făcute câteva completări și observații la text.

DIN PREFAȚA AUTORULUI LA EDIȚIA A 13-a

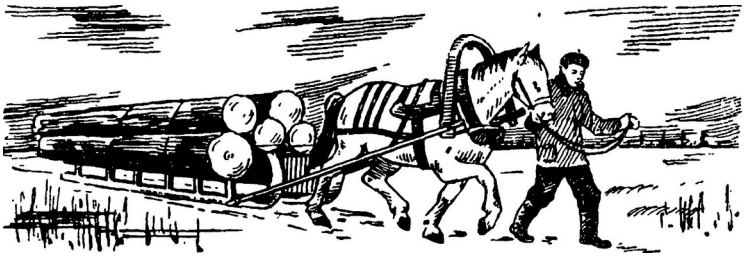
Cartea de față este o culegere de sine stătătoare și nu o continuare directă a primei cărți a Fizicii distractive. Succesul primei cărți l-a determinat pe autor să prelucreze restul materialului de care dispunea și în felul acesta a luat naștere o alta, care îmbrățișează aceleași capitole de fizică.

În lucrarea de față, ca și în prima, autorul s-a străduit atât să comunice cunoștințe noi, cât și să dea la iveală și să împrospăteze cunoștințele elementare de fizică pe care cititorul desigur că le are.

Scopul cărții este de a trezi imaginația științifică, de a-l învăța pe cititor să gândească în spiritul fizicii și de a-i dezvolta deprinderea să-și aplice cunoștințele în toate împrejurările. De aceea în Fizica distractivă se rezervă un loc secundar descrierii de experiențe spectaculoase, pe primul plan se află curiozități și probleme interesante, paradoxuri instructive, întrebări și comparații neașteptate din domeniul fenomenelor fizice etc. Urmărind acest material, autorul face apel la fenomenele din viața de toate zilele, din tehnică, din natură și din paginile romanelor științifico-fantastice.

În linii mari culegerea de față se adresează cititorului cu nivel de cunoștințe mai înalt decât cel care era necesar pentru înțelegerea primei cărți a Fizicii distractive, cu toate că această diferențiere este atât de mică, încât nu are nicio importanță succesiunea în care sunt citite cele două cărți.

IA. I. PERELMAN



Capitolul 1

LEGILE FUNDAMENTALE ALE MECANICII

MODUL CEL MAI IEFTIN DE A CĂLĂTORI

Spiritualul scriitor francez din secolul al XVII-lea, Cyrano de Bergerac, în lucrarea sa satirică Istoria comică a statelor din Lună (1652), povestește, printre altele, despre un caz ciudat care i s-ar fi întâmplat chiar lui. Odată, făcând niște experiențe de fizică, el s-a înălțat în aer într-un mod miraculos împreună cu eprubetele sale. Când, după câteva ore, a reușit să coboare pe Pământ, spre marea lui uimire a constatat că nu se mai afla în scumpa lui Franță și nici măcar în Europa, ci în America de Nord, în Canada. Scriitorul francez găsește însă pe deplin firesc zborul său neașteptat peste Oceanul Atlantic. El îl explică prin faptul că, în intervalul de timp în care călătorul fără voie s-a aflat sus în aer, planeta noastră și-a continuat mișcarea de rotație spre răsărit; iată de ce, în loc să coboare în Franța, el s-a pomenit în America.

S-ar părea că am putea avea la îndemână un mijloc foarte ieftin și simplu de a călători. Este suficient să te înalți deasupra Pământului, să rămâi acolo chiar și numai câteva minute, pentru ca apoi să cobori în alt loc, undeva mai spre apus. În loc de a întreprinde călătorii obositoare peste continente și oceane, am putea sta suspendați deasupra Pământului, așteptând ca acesta să-i ofere singur călătorului locul de destinație.

Din păcate, o asemenea metodă minunată nu este altceva decât fantezie. În primul rând, înălțându-ne în aer, nu părăsim încă globul pământesc; rămânem legați în continuare de învelișul lui gazos, plutim în atmosfera lui, care participă și ea la rotirea Pământului în jurul axei sale. Aerul (mai corect, straturile lui inferioare mai dense) se rotește

împreună cu Pământul, antrenând tot ce se află în el: nori, aeroplane, păsări, insecte etc. Dacă aerul n-ar participa la rotirea globului terestru în jurul axei sale, atunci pe Pământ am simți în permanență un vânt atât de puternic, încât în comparație cu el și cel mai îngrozitor uragan ni s-ar părea o briză ușoară*.

** Viteza uraganului atinge 40 în pe secundă, adică 144 km pe oră. Globul terestru însă, de exemplu la latitudinea Leningradului, ne-ar transporta prin aer cu o viteză de 230 în pe secundă, adică 828 km pe oră.*

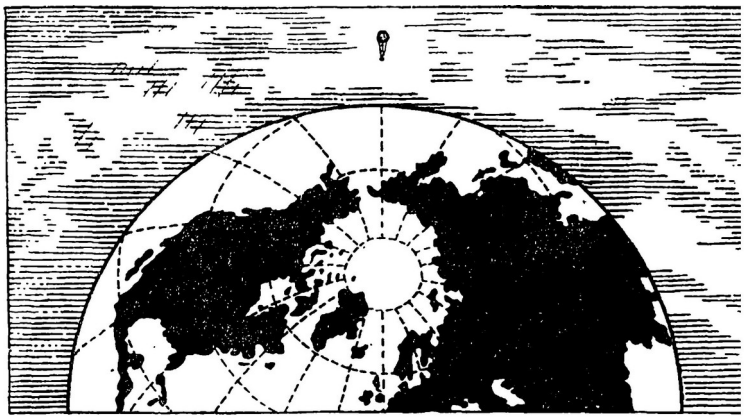


Fig. 1 — Se poate vedea oare din aerostat cum se rotește globul terestru (Scara desenului nu a fost respectată)

Într-adevăr, nu are nicio importanță dacă stăm noi pe loc și aerul care ne înconjură este în mișcare sau, dimpotrivă, aerul este imobil, iar noi ne deplasăm în el; în ambele cazuri, simțim un vânt la fel de puternic. Motociclistul care gonește cu viteza de 100 km pe oră simte un vânt puternic chiar dacă, de fapt, nu adie nici cea mai ușoară briză.

Dar aceasta nu este totul. În al doilea rând, chiar dacă ne-am putea înălța în straturile superioare ale atmosferei sau chiar dacă Pământul nu ar fi înconjurat de loc de aer, nici atunci nu am reuși să recurgem la acel mijloc ieftin de călătorie pe care ni-l oferea fantezia scriitorului francez. Căci, desprinzându-ne de suprafața Pământului, care-și efectuează mișcarea de rotație, continuăm să ne mișcăm datorită inerției cu aceeași viteză, viteza cu care se deplasează sub noi Pământul. Și, atunci când am reuși să coborâm, ne-am afla în același loc din care ne-am desprins, tot așa cum, făcând o săritură în sus, într-un vagon în mișcare, coborâm în același loc. Este drept că, sărind, ne vom mișca, datorită inerției, rectiliniu (după tangentă), iar Pământul de sub noi în arc de cerc, dar pentru intervale mici de timp acest lucru nu

are nicio importanță.

„PĂMÂNTULE, OPREȘTE-TE”

Cunoscutul scriitor englez H. Wells are o povestire fantastică despre minunile pe care le făcea un funcționar. Un tânăr nu tocmai isteț la minte a devenit, prin voia destinului, deținătorul unui har minunat: îndată ce-și exprima vreo dorință, aceasta îi era îndeplinită fără întârziere. Dar, după cum s-a văzut până la urmă, o astfel de proprietate uimitoare nu a adus nici deținătorului său și nici altor oameni nimic în afară de neplăceri. Pentru noi este instructiv sfârșitul acestei povestiri.

După un chef nocturn prelungit, funcționarul făcător de minuni, evitând să se întoarcă acasă în zori de zi, a hotărât să-și folosească harul și să prelungească noaptea. Dar cum s-o facă? Să le ordone aștrilor să-și încetinească fuga. Tânărul nostru nu s-a încumetat dintr-o dată să săvârșească ceva atât de neobișnuit și, când prietenul cu care era l-a sfătuit să oprească Luna, el, privind-o cu atenție, a răspuns îngândurat:

„—E puțin cam sus.

— Nu-i nimic, se resemnă domnul Maydig[1]. Desigur, Luna nu se va opri. Oprește atunci rotația Pământului. Înțelegi? Și timpul se va opri. Nu facem niciun rău.

— Hm! se miră domnul Fotheringay[2]. Bine! Oftă. Voi încerca. Hai!

[1] *Numele prietenului (n. A.).*
[2] *Funcționarul (n.a.).*

Își încheie toți nasturii jachetei și se adresă globului pământesc, cu tonul cel mai sigur de sine cu putință.

— Oprește-te rotație! M-ai înțeles?!

Îndată domnul Fotheringay începu să zboare, dându-se peste cap prin aer, cu o viteză de zeci de mile pe minut. În ciuda nenumăratelor rotații pe secundă pe care le efectua, gândea totuși; căci gândirea omenească este un lucru minunat, uneori curge tot atât de încet ca smoala, alteori are viteză luminii. Se gândi o clipă, apoi porunci:

— Vreau să cobor teafăr, sănătos. Orice s-ar întâmpla, vreau să cobor teafăr, sănătos.

A poruncit la timp, căci hainele sale încălzite de zborul rapid prin aer tocmai începuseră să se pârlească. Căzu pe pământ cu o izbitură puternică, dar de loc vătămătoare, peste ceva care părea să fie o movilă de pământ proaspăt răsturnat. O masă considerabilă de metal și

zidărie, uimitor de asemănătoare cu turnul orologiului din scuarul pieței, se prăvăli lângă el, ricoșă, îi trecu peste cap și se sfărâmă, împroșcând în toate părțile pietre, cărămizi și zidărie, de parcă ar fi explodat o bombă. O vacă fu proiectată pe unul dintre blocurile mai mari și zdrobită ca un ou. Bubui un tunet față de care cele mai violente zgomote auzite vreodată îi păreau ca fâșâi- tul țărânei care cade. Tunetul fu urmat de un șir de trosnete din ce în ce mai slabe. Un vânt intens mugea pe Pământ și în ceruri, încât de-abia putu să ridice capul și să privească. Un timp fu prea speriat și buimăcit pentru a putea măcar să-și dea seama unde era și ce se întâmplase. Prima sa mișcare fu să-și pipăie capul și să se asigure că părul său ciufulit îi mai aparținea încă.

— Doamne! gâfâi domnul Fotheringay de-abia putând să vorbească din cauza furtunii. Am scăpat ca prin urechile acului. Ce o fi sărit din țâțâni? Cu o clipă înainte era o noapte senină și acum tunete și-furtună! Maydig m-a îndemnat la una ca asta! Ce furtună! Trebuie să încetez cu prostiile, altfel mi se va întâmpla cu siguranță un accident nemaipomenit!…

— Unde o fi Maydig? Ce talmeș-balmeș e peste tot!

Se uită în jur, atât cât îi permitea fâlfâitul jachetei. Aspectul lucrurilor era într-adevăr foarte neobișnuit.

— În orice caz cerul este normal, spuse domnul Fotheringay. Și cam asta e tot ce este normal. Dar chiar și acolo parcă se apropie o furtună înspăimântătoare. Luna a rămas totuși deasupra capului. Exact cum era adineauri. E lumină ca la amiază. În ceea ce privește însă restul… Unde o fi satul? Unde o fi… unde or fi toate? Și de ce oare s-o fi dezlănțuit vijelia asta? Doar eu n-am ordonat să bată vântul!

Domnul Fotheringay se lupta în zadar să se ridice în picioare, însă abia reuși să stea în patru labe, ținându-se bine. Cu cozile jachetei fâlfâindu-i deasupra capului, privi în direcția opusă vântului lumea luminată de Lună.

— S-a întâmplat ceva foarte serios, spuse domnul Fotheringay. Numai cerul știe ce o fi.

Oriunde privea prin norul de praf care gonea în fața uraganului, nu vedea nimic altceva în strălucirea orbitoare decât mase rostogolite de pământ și grămezi de ruini. Nu mai erau nici copaci, nici case, nicio formă bine cunoscută: era numai un haos pustiu care dispărea în cele din urmă în întuneric. Peste acest haos se înverșunau vârtejurile și volburile, fulgerele și tunetele unei furtuni ce se întețea cu rapiditate. Lângă el, în lumina lividă, era ceva care putuse fi odată un ulm, o grămadă de așchii, rămășițele trunchiului și crengilor sfărâmate în bucăți, iar mai departe din ruinele îngrămădite se ridica o masă de

traverse de fier răsucite. Fără nicio îndoială, viaductul.

Înțelegeți, când domnul Fotheringay oprise rotația globului pământesc nu prevăzuse ce se va întâmpla cu mărunțișurile care se află pe suprafața Pământului. Și Pământul se rotește atât de repede, încât un punct de pe suprafața sa la ecuator se mișcă cu o viteză de peste o mie de mile pe oră, iar la latitudinile noastre, cu o viteză mai mare decât jumătate din această viteză. Așa că satul, domnul Maydig și domnul Fotheringay și tot restul fuseseră proiectați violent înainte cu aproape nouă mile pe secundă, adică cu o viteză mult mai mare decât dacă ar fi țâșnit dintr-un tun. Și fiecare ființă omenească, fiecare viețuitoare, fiecare casă și fiecare copac

— Toată lumea așa cum o cunoaștem noi – fusese aruncată înainte cu aceeași viteză uriașă, zdrobită și complet distrusă. Asta era tot.

Desigur, domnul Fotheringay n-a înțeles pe deplin ce se întâmplă, dar și-a dat seama că miracolul său avusese urmări îngrozitoare și-l cuprinse o aversiune puternică față de miracole. Rămăsese acum în întuneric, căci norii acoperiseră cerul și Luna nu se mai vedea de loc. Prin văzduh grindina biciuită de vânt plăsmuia fantome care se zbăteau în chinuri. Mugetul puternic al vântului și al apelor umplea pământul și cerul. Privind atent pe sub palmă în direcția vântului prin praf și măzăriche, zări la lumina fulgerelor un perete enorm de apă năvălind spre el.

— Maydig, țipă domnul Fotheringay cu voce slabă în mijlocul acestei dezlănțuiri a elementelor naturii. Vino aici, Maydig!

…Oprește-te! strigă domnul Fotheringay către apa care înainta. Oh, pentru numele cerului, oprește-te!

…Numai o clipă! spuse domnul Fotheringay fulgerelor și tunetului. Opriți-vă numai o Clipă, să-mi adun gândurile… Și acum ce trebuie să fac? se întrebă el. Ce trebuie să fac? Doamne! De-ar fi Maydig lângă mine.

…Am găsit! exclamă domnul Fotheringay. Și să dea Dumnezeu să iasă bine de data aceasta.

Rămase în patru labe, aplecându-se împotriva vântului cât se poate de hotărât să repare totul.

— Așa! făcu el. Fie ca nimic din ceea ce voi porunci să nu se întâmple până când nu voi spune „gata“!… Dumnezeule! De m-aș fi gândit la asta mai înainte!

Ridică vocea sa slabă împotriva vârtejului de vânt, strigând din ce în ce mai tare în dorința zadarnică de a se auzi vorbind.

— Ascultă! Așa! Atenție la ceea ce am spus chiar acum. În primul rând, după ce se va îndeplini tot ce am spus, fie ca să-mi pierd puterea mea miraculoasă, fie ca voința mea să devină ca voința celorlalți și ca

toate miracolele acestea primejdioase să înceteze. Nu-mi plac. Mai bine nu le-aș fi făptuit. Ajunge! Ăsta-i primul lucru. Și, al doilea, fie ca să fiu din nou exact cum eram înainte de începutul miracolelor..."[1].

[1] *H. G. Wells, Povestiri, București, E.S.P.L.A., 1959, p. 101—105 (n.t.).*

O SCRISOARE DIN AVION

Imaginați-vă că vă aflați într-un avion care zboară repede deasupra Pământului. Dedesubt vedeți locuri cunoscute. Veți zbura îndată pe deasupra casei în care locuiește prietenul dumneavoastră. „Ce bine ar fi să-i trimit salutări", vă trece repede prin minte. Scrieți iute câteva cuvinte pe o foaie desprinsă din blocnotes, legați biletelul de un obiect greu, pe care în cele ce urmează îl vom numi greutate și, în momentul când casa se află chiar sub dumneavoastră, aruncați greutatea.

Desigur, sunteți convins că biletelul va cădea chiar în grădina din fața casei. Dar misiva dumneavoastră își greșește adresa, deși casa și grădina se aflau chiar sub avion.

Dacă i-ați fi urmărit căderea din avion, ați fi observat un fenomen curios: greutatea coboară, dar în același timp continuă să rămână sub avion, lunecând de parcă ar fi legată cu un fir invizibil de acesta. Când greutatea atinge pământul, ea se va afla într-un loc cu mult în fața celui vizat.

Aici se manifestă aceeași lege a inerției care împiedică folosirea metodei ispititoare sugerate de Bergerac amatorilor de călătorii. Atâta timp cât obiectul s-a aflat în avion, el s-a mișcat împreună cu acesta. L-ați lansat. Când însă s-a desprins de avion și a început să cadă, obiectul nu și-a pierdut viteza inițială, ci continuă totodată și mișcarea în direcția anterioară căderii. Ambele mișcări, cea verticală și cea orizontală, se adună și, în final, obiectul are o traiectorie de coborâre curbă, rămânând tot timpul sub avion (desigur, dacă avionul nu-și schimbă direcția sau viteza de zbor). Obiectul nostru zboară de fapt ca un corp aruncat în direcție orizontală, de exemplu ca un glonț lansat dintr-o armă a cărei țeavă a avut direcția orizontală: glonțul descrie o curbă al cărei capăt se sprijină pe Pământ.

Fig. 2 — Un obiect lansat dintr-un avion în timpul zborului nu cade vertical, ci are traiectoria curbă.

De observat că toate cele spuse aici ar fi întru totul exacte dacă nu ar exista rezistența aerului. De fapt, această rezistență frânează atât mișcarea verticală, cât și pe cea orizontală a obiectului; de aceea obiectul nu rămâne tot timpul chiar sub avion, ci puțin în urma acestuia.

Devierea de la linia verticală poate fi foarte mare dacă avionul zboară la mare înălțime și cu o viteză mare. În zilele când nu este vânt, un obiect aruncat dintr-un avion care zboară la înălțimea de 1 000 m cu o viteză de 100 km pe oră va cădea cu 400 de metri în fața locului aflat la piciorul verticalei coborâte din avion (fig.2) în momentul aruncării.

Calculul (dacă se neglijează rezistența aerului) este simplu. Din formula traiectoriei mișcării uniform accelerate

$$S=\frac{gt^2}{2}\ obținem\ t=\sqrt{\frac{2S}{g}}$$

În acest timp ea reuşeşte să se deplaseze în direcţie orizontală cu

$$\frac{100000}{3600}x14=390\ m$$

LANSAREA BOMBELOR

După cele spuse mai sus devine clar ce greutate întâmpină în misiunea sa un aviator militar care a primit ordinul de a lansa bomba într-un anumit loc: el trebuie să țină seama de viteza avionului, de influența aerului asupra corpului în cădere și, în afară de aceasta, de viteza vântului. În figura 3 sunt reprezentate schematic diferite traiectorii descrise de o bombă lansată în condiții diferite. Dacă nu este vânt, bomba urmează traiectoria AF: de ce se întâmplă astfel, am explicat mai înainte.

Când vântul are același sens ca și avionul, bomba este împinsă înainte și

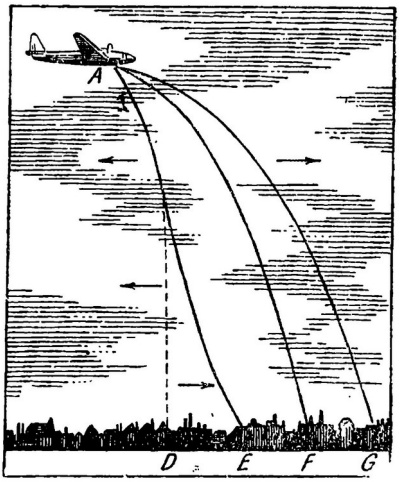


Fig. 3 — Traiectoria bombelor lansate din avion: AF — cînd nu este vînt; AG — cînd vîntul are acelaşi sens cu avionul; AD — cînd vîntul are sens opus; AE — cînd vîntul are sens opus sus şi acelaşi sens de mişcare ca şi avionul jos.

ea se deplasează pe traiectoria AG. Când vântul are sens opus, intensitatea lui fiind moderată și aceeași atât sus, cât și jos, bomba descrie curba AD: dacă însă, cum se întâmplă adesea, vântul are jos un sens opus celui de sus (sus el are sens opus sensului de zbor al avionului, iar jos același sens), atunci curba de cădere își modifică aspectul și bomba descrie traiectoria AE.

TRENUL FĂRĂ OPRIRE

Când vă aflați pe peronul imobil al gării și pe lângă el trece un tren rapid, desigur că nu este un lucru simplu să săriți din mers într-un vagon. Dar imaginați-vă că și peronul pe care vă aflați se mișcă cu aceeași viteză și în aceeași direcție cu trenul. Oare va mai fi greu să intrați în vagon?

Bineînțeles că nu: veți intra tot atât de liniștit ca și când vagonul ar fi nemișcat. Când atât dumneavoastră, cât și trenul vă deplasați în aceeași direcție, cu viteze egale, atunci trenul se află față de dumneavoastră în repaus total. Este drept că roțile se învârtesc, dar vi se pare că ele se învârtesc pe loc. Riguros vorbind, toate obiectele pe care le considerăm nemișcate în mod obișnuit, de exemplu un tren care staționează în fața gării, se mișcă împreună cu noi în jurul axei globului pământesc și în jurul Soarelui; practic însă putem să nu ținem seama de această mișcare, pentru că ea nu ne deranjează cu nimic.

Prin urmare, este pe deplin imaginabil să considerăm că un tren, trecând prin dreptul gărilor, debarcă și ia pasageri din mers, fără a încetini măcar.

Dispozitive de acest gen se folosesc uneori la expoziții pentru a-i permite publicului să vizioneze rapid și comod exponatele împrăștiate pe o suprafață mare. Punctele terminus ale terenului pe care este organizată expoziția sunt legate între ele printr-o cale ferată care are înfățișarea unei benzi fără sfârșit; pasagerii pot intra în vagoane în orice loc și în orice moment și le pot părăsi din mers.

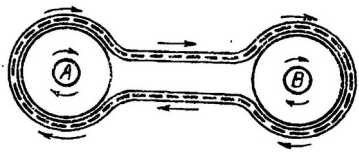


Fig 4 — Schema trenului fără oprire între stațiile *A* și *B*. Gara este reprezentată în figura următoare.

Această construcție interesantă este reprezentată în figurile alăturate. În figura 4, cu literele A și B au fost notate stațiile terminus. Fiecare stație este prevăzută cu o platformă circulară fixă, înconjurată de un peron mare inelar, aflat în mișcare de rotație. În jurul peroanelor mobile din fiecare stație este petrecut un cablu de care sunt fixate vagoanele. Urmăriți acum ce se petrece atunci când peronul inelar se

rotește. Vagoanele gonesc în jurul peroanelor cu aceeași viteză cu care se rotesc și marginile exterioare ale acestora; prin urmare, pasagerii pot trece fără cel mai mic pericol de pe peroane în vagoane sau invers. leșind din vagon, pasagerul pășește pe peronul rotitor spre centrul cercului, până când ajunge la platforma imobilă; trecerea de pe peronul mobil pe cel imobil nu prezintă nicio greutate, pentru că aici raza cercului fiind mică, este foarte mică și viteza circulară.[1]

[1] *Este ușor de înțeles că punctele marginii interioare se mișcă mult mai încet decât punctele marginii exterioare, pentru că în același interval de timp ele descriu un cerc mult mai mic.*

Ajungând la platforma fixă din centru, pasagerul mai are doar de trecut podul pentru a păși pe pământ în afara căii ferate (fig. 5).

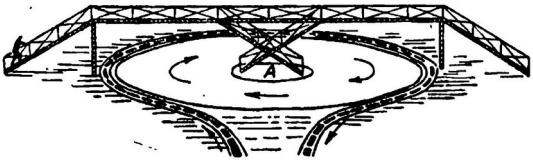


Fig. 5 — Gara trenului fără oprire.

Lipsa unor opriri dese dă un mare câștig de timp și reduce consumul de energie. La tramvaiele urbane, de exemplu, majoritatea timpului și aproape două treimi din întreaga energie sunt consumate pentru accelerarea treptată a mișcării după pornire și încetinirea ei înainte de oprire[2].

[2] *Pierderea de energie la frânare poate fi evitată dacă electromotoarele vagonului se cuplează astfel încât să funcționeze ca niște dinamuri, întorcând curentul în rețea. La Charlottenburg (una dintre suburbiile Berlinului), datorită acestei metode, s-a reușit să se reducă consumul de energie pentru circulația tramvaielor cu 30%. Această metodă a fost folosită și pe traseul electrificat Moscova-Vladivostok (n. red. sov.).*

În cazul gărilor de cale ferată s-ar putea chiar renunța la peroanele mobile speciale pentru coborârea și urcarea pasagerilor din mers. Imaginați-vă că prin fața unei gări obișnuite imobile trece în goană un tren rapid; am vrea ca aici să urce, fără ca trenul să se oprească, un număr oarecare de pasageri. Ar fi suficient ca acești pasageri să ocupe mai întâi locuri într-un alt tren, garat pe o linie paralelă de rezervă și care se pune în mișcare, dezvoltând aceeași viteză ca și trenul rapid. Când ambele trenuri vor fi alături ele vor fi imobile unul în raport cu

celălalt; ar fi suficient să se arunce niște podețe care să unească vagoanele respective ale celor două trenuri pentru ca pasagerii din trenul auxiliar să poată trece liniștit în trenul rapid. După cum vedeți, opririle în gări ar deveni inutile.

TROTUARELE RULANTE

Pe principiul relativității mișcării se bazează și un alt dispozitiv, care până în prezent a fost folosit numai la expoziții: așa-numitele trotuare rulante. Ele au fost realizate pentru prima dată la expoziția din Chicago în 1893, apoi la Expoziția mondială de la Paris din 1900.

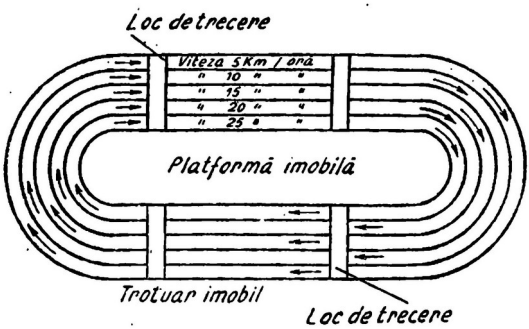


Fig. 6 — Trotuarele rulante

Iată schema unei astfel de construcții (fig.6). Vedeți aici cinci benzi de trotuare închise care sunt puse în mișcare cu ajutorul unui mecanism special și care se deplasează cu viteze diferite. Banda exterioară se deplasează relativ încet, doar cu 5 km pe oră; aceasta este viteza cu care merge un pieton obișnuit și nu este de loc greu să pășești pe un trotuar care se mișcă atât de încet. Alături, mai spre interior, se mișcă cea de-a doua bandă cu o viteză de 10 km pe oră. Să pășim pe ea direct de pe un trotuar imobil ar fi fost destul de periculos, dar trecerea de pe prima bandă rulantă se face cu ușurință. Într-adevăr, în raport cu prima bandă care se deplasează cu 5 km pe oră, banda a doua, a cărei viteză este de 10 km pe oră, face doar 5 km pe oră; deci trecerea de pe prima bandă pe a doua este tot atât de ușoară ca și pășirea de pe pământ pe prima bandă. Banda a treia se deplasează cu 15 km pe oră, dar nu este de loc greu să treci pe ea de pe banda a doua. Tot atât de ușoară este trecerea de pe banda a treia pe cea următoare, a patra, care se deplasează cu viteza de 20 km pe oră și, de aici pe cea de-a

cincea, a cărei viteză de deplasare este de 25 km pe oră. Această bandă îl transportă pe pasager până la punctul de destinație; aici, trecând iarăși succesiv de pe o bandă pe alta, el coboară pe pământ.

O LEGE DIFICILĂ

Probabil că niciuna din cele trei legi fundamentale ale mecanicii nu produce atâta nedumerire ca cea de-a treia lege a lui Newton, legea acțiunii și a reacțiunii. O cunosc toți, mulți știu chiar să o aplice just în anumite ocazii și totuși sunt puțini care o înțeleg perfect clar. Poate că cititorul a avut norocul să înțeleagă de îndată; eu însă trebuie să recunosc că am priceput-o bine numai după vreo 10 ani de la prima cunoștință.

Discutând cu diferite persoane, m-am convins de multe ori de faptul că cei mai mulți sunt dispuși să accepte justețea acestei legi, dar cu unele amendamente esențiale, Ele admit cu ușurință că legea este valabilă pentru corpurile imobile, dar nu înțeleg cum poate fi aplicată ea unor corpuri aflate în mișcare unul față, de celălalt... Acțiunea, spune legea, este totdeauna egală și de sens opus cu reacțiunea. Aceasta înseamnă că, dacă un cal trage o căruță, aceasta, la rândul ei, trage calul cu aceeași forță. Dar atunci căruța ar trebui să rămână pe loc; totuși ea se deplasează. De ce nu se echilibrează reciproc aceste două forțe dacă sunt egale?

Asemenea nedumeriri se nasc de obicei atunci când este vorba de această lege. Înseamnă oare că nu este valabilă? Bineînțeles că legea este valabilă, doar că nu o înțelegem cum trebuie. Forțele nu se echilibrează reciproc doar pentru faptul că sunt aplicate unor corpuri diferite: una la căruță, iar cealaltă la cal. Aceste forțe sunt egale, dar oare forțe egale produc totdeauna acțiuni egale? Oare forțele egale comunică tuturor corpurilor accelerații egale? Oare acțiunea unei forțe asupra unui corp nu depinde și de corpul respectiv, de mărimea acelei „rezistențe” pe care o opune el forței?

Dacă ne gândim la acestea, înțelegem de ce calul reușește să tragă după sine căruța, deși căruța trage înapoi cu aceeași forță. Forța care acționează asupra căruței și forța care acționează asupra calului sunt în fiecare moment egale; dar întrucât căruța se deplasează liber pe roți, iar calul se sprijină pe pământ, se înțelege de ce căruța se deplasează în direcția calului. Mai gândiți-vă și, că, dacă căruța nu ar opune rezistență forței motoare a calului, atunci... ne-am putea lipsi și de cal: cea mai mică forță ar putea urni din loc căruța. De acea este nevoie de cal, pentru a învinge forța de reacțiune a căruței.

Toate acestea s-ar înțelege mai ușor și ar produce mai puțină

nedumerire dacă legea a treia nu ar fi formulată în forma ei scurtă, obișnuită (acțiunea este egală cu reacțiunea), ci, de exemplu, astfel: forța reacțiunii este egală cu forța acțiunii. Doar egale sunt numai forțele, acțiunile însă (dacă se înțelege, după cum se obișnuiește, că acțiunea forței este deplasarea corpului) sunt de obicei diferite, pentru că forțele respective sunt aplicate unor corpuri diferite.

Tot astfel, când ghețurile polare au cuprins nava „Celiuskin“, pereții ei apăsau asupra gheții cu o forță egală. Catastrofa s-a produs deoarece gheața compactă a rezistat la o astfel de apăsare fără a fi distrusă; corpul navei însă, deși era construit din oțel, a cedat în fața acestei forțe, a fost turtit și apoi strivit. Mai departe, într-un paragraf special, vom vedea care au fost cauzele fizice ale pieirii navei „Celiuskin“.

Și căderea corpurilor se supune legii acțiunii și reacțiunii, deși aceste două forțe nu se observă imediat. Mărul cade pe Pământ pentru că este atras de globul terestru; dar mărul atrage și el cu o forță egală planeta noastră. Strict vorbind, atât mărul, cât și Pământul cad unul spre celălalt, dar viteza de cădere a mărului diferă de cea a Pământului. Forțele egale de atracție reciprocă îi comunică mărului o accelerație de 10 m/s^2, iar globului pământesc una de tot atâtea ori mai mică de câte ori masa Pământului este mai mare decât masa mărului. Desigur că masa globului terestru este enormă în comparație cu cea a mărului; de aceea Pământul capătă o deplasare atât de mică, încât practic ea poate fi considerată egală cu zero. De aceea spunem că mărul cade pe Pământ în loc să spunem că mărul și Pământul cad unul pe celălalt[1].

[1] *Despre legea acțiunii și reacțiunii vezi și cartea Mecanica distractivă (cap. 1), de același autor.*

DE CE-A PIERIT SVEATOGOR VOINICUL

Cunoașteți povestea populară rusă despre Sveatogor voinicul, care și-a pus în gând să ridice Pământul? Dacă ar fi să credem legendei, Arhimede era gata și el să săvârșească o astfel de faptă voinicească și cerea un punct de sprijin pentru pârghia sa. Dar Sveatogor era puternic și fără pârghie. El căuta doar de ce să se apuce cu mâinile lui de voinic. „Dacă aș avea de ce să mă țin, întregul Pământ l-aș ridica”. Întâmplarea l-a ajutat. Voinicul a găsit o traistă, care nu numai că nu putea fi ridicată de pe pământ, dar nici măcar urnită din loc. Coborând de pe cal, voinicul Sveatogor a apucat cu ambele mâini traista, a ridicat-o mai sus de genunchi, dar s-a afundat până la genunchi în pământ; acolo unde s-a afundat, acolo a și rămas cu fața scăldată în sânge; acolo și-a și găsit sfârșitul.

Dacă Sveatogor ar fi cunoscut legea acțiunii și reacțiunii, el și-ar fi

dat seama că forța-i voinicească exercitată asupra Pământului va produce o forță de reacțiune egală și, prin urmare, tot atât de uriașă, care-l poate atrage în pământ.

În orice caz, din poveste se vede că spiritul de observație al poporului a înregistrat încă de mult existența unei forțe de reacțiune pe care o opune Pământul atunci când ne sprijinim pe el. Oamenii foloseau în mod inconștient legea acțiunii și reacțiunii încă cu mii de ani înainte ca Newton s-o enunțe în curtea sa nemuritoare *Principiile matematice ale filosofiei naturale*.

NE PUTEM MIȘCA FĂRĂ SPRIJIN?

Când mergem, ne împingem în sus cu picioarele de pământ sau de podea; pe o podea prea netedă sau pe gheață, de pe care piciorul nu-și poate face vânt, nu putem merge. O locomotivă în mișcare se împinge înainte cu roțile sale motoare de șinele căii ferate; dacă însă șinele se ung cu ulei, atunci locomotiva rămâne pe loc. Uneori când este polei, pentru a urni trenul din loc, trebuie chiar să se presare nisip pe șine în fața roților, folosind în acest scop un dispozitiv special. La începuturile existenței căilor ferate, când atât roțile, cât și șinele erau dințate, se pornea tocmai de la faptul că roțile trebuie să întâmpine o rezistență din partea șinelor. Nava se „sprijină“ de apă cu ajutorul paletelor elicei sau a roții de bord. Avionul folosește în același scop elicea. Cu alte cuvinte, indiferent de mediul în care se mișcă obiectul respectiv, el se sprijină pe acest mediu în deplasarea sa. Dar se poate pune în mișcare un corp fără a avea niciun fel de sprijin în exterior?

S-ar părea că a încerca să realizezi o astfel de mișcare este ca și cum ai încerca să ridici propriul tău corp apucându-te de păr. După cum se știe, până în prezent o asemenea performanță i-a „reușit“ doar baronului Münchhausen. Și, totuși, o astfel de mișcare, aparent imposibilă, are loc adesea chiar sub ochii noștri. Ce-i drept, corpul nu se poate pune în întregime în mișcare doar prin forțele sale interne, dar poate obliga o parte din substanța sa să se deplaseze într-un sens, restul deplasându-se în sens opus. V-ați pus vreodată întrebarea cum zboară o rachetă? Racheta este un exemplu de mișcare în sensul despre care am vorbit mai sus.

DE CE SE ÎNALȚĂ RACHETA?

Chiar printre oamenii care au studiat fizica sunt unii care explică într-un mod cu totul greșit zborul rachetei: ei spun că ea zboară pentru că, datorită gazelor care se formează prin arderea combustibilului său, se

propulsează înainte, „sprijinindu-se“ de aer. Așa se credea în vechime (rachetele sunt o invenție a antichității), iar mulți găsesc justă și astăzi această explicație. Dar dacă racheta este lansată în vid, ea zboară și acolo, și chiar mai repede decât în aer. Adevărata cauză a zborului rachetei este cu totul alta. Ea a fost expusă foarte clar și simplu de către inventatorul rus Kibalcici în nota sa cu privire la mașina de zbor pe care o inventase. Explicând construcția rachetelor militare, el scria:

„Într-un cilindru de tablă închis la un capăt și deschis la celălalt, se introduce etanș un cilindru din praf de pușcă presat, care de-a lungul axei sale are un gol sub forma unui canal. Arderea pulberii începe de ia suprafața acestui canal și se extinde în decursul unui anumit interval de timp până la suprafața exterioară a pulberii presate; gazele formate prin ardere exercită presiune în toate direcțiile; dar presiunea laterală se echilibrează reciproc, în timp ce presiunea exercitată pe fundul de tinichea, nefiind echilibrată de o presiune de sens contrar (deoarece în această parte gazele ies liber), împinge racheta înainte, în direcția în care a fost ea îndreptată înainte de aprinderea pulberii”.

Aici lucrurile se petrec ca și la tragerea cu tunul: proiectilul zboară înainte, în timp ce tunul face o mișcare de recul. Amintiți-vă de reculul puștii și, în general, al oricărei arme de foc. Dacă arma ar sta suspendată în aer, fără să se sprijine pe ceva, ea s-ar mișca înapoi după împușcătură cu o viteză oarecare, care ar fi tot de atâtea ori mai mică decât viteza proiectilului de câte ori este mai ușor proiectilul decât arma. Într-un roman științifico-fantastic al lui Jules Verne se propunea chiar să se folosească forța reculului unui tun uriaș pentru îndeplinirea unei idei grandioase: îndreptarea axei Pământului.

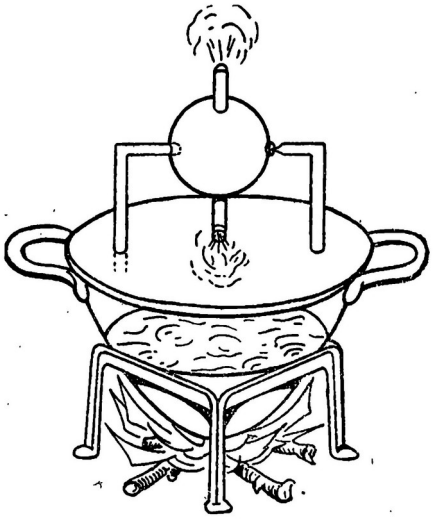


Fig. 7 — Mașina cu aburi (turbina) cea mai veche, atribuită lui Heron din Alexandria (sec. II î.e.n.)

Racheta, este, de fapt, același tun, doar că nu lansează proiectile, ci gaze rezultate în urma arderii combustibilului. Din aceeași cauză se învârtește și așa-numita roată chinezească, pe care ați admirat-o, probabil și dumneavoastră, urmărind focurile de artificii: arzând pulberea din cartușele fixate de roată, gazele se scurg într-o parte, iar cartușele (și, o dată cu ele, roata) capătă o mișcare inversă. Aceasta este, de altfel, doar o variantă a unui dispozitiv binecunoscut în fizică: roata lui Segner.

Este interesant de menționat

faptul că înainte de descoperirea vaporului exista un proiect de navă mecanică bazat pe același principiu: se preconiza ca rezerva de apă de pe vas să fie aruncată cu ajutorul unei pompe de presiune puternice instalate la pupă; în rezultat, nava trebuia să avanseze ca tinichelele plutitoare folosite în cabinetele de fizică pentru demonstrarea principiului menționat mai sus. Acest proiect nu a fost realizat, dar a jucat un anumit rol în realizarea vaporului, pentru că a contribuit la nașterea acestei idei.

Știm de asemenea că cea mai veche mașină cu aburi, inventată de Heron din Alexandria încă în secolul al II-lea î.e.n., a fost construită după același principiu: aburul din cazan (fig.7) venea printr-o țeavă într-o sferă fixată pe un ax orizontal; scurgându-se apoi prin niște țevi îndoite, aburul împingea aceste țevi în sens opus și sfera începea să se învârtească. Din păcate, această turbină cu aburi a lui Heron a rămas în antichitate doar o jucărie amuzantă, pentru că munca ieftină a sclavilor nu crea necesitatea de folosire practică a mașinilor. Principiul însă nu a fost neglijat de tehnică: în prezent el este folosit la construirea turbinelor cu reacție.

Lui Newton, descoperitorul legii acțiunii și reacțiunii, i se atribuie unul dintre cele mai vechi proiecte ale automobilului cu abur, bazat pe același principiu: aburii din cazanul instalat pe roți iese într-un sens, iar cazanul, supus forței de recul, se deplasează în sens opus. (fig. 8).

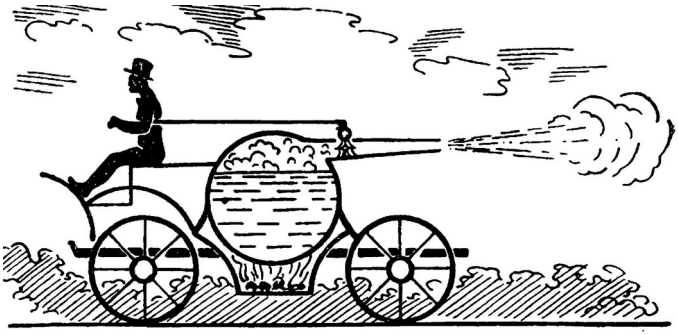


Fig. 8 — Automobilul cu aburi atribuit lui Newton.

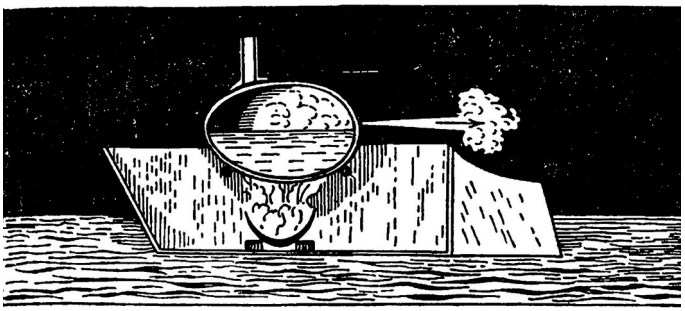


Fig. 9 — Vaporaș confecționat din hîrtie și coajă de ou Drept combustibil servește spirtul turnat într-un degetar. Aburi care ies prin orificiul „cazanului cu aburi“ (oul golit) forțează vaporașul să plutească în direcție opusă.

Automobilele-rachetă sunt o variantă a trăsurii lui Newton..

Pentru cei cu mâinile îndemânatice dăm aici desenul unui vaporaș de hârtie, care seamănă cu trăsura lui Newton: în „cazanul” cu abur, format dintr-un ou golit și umplut cu apă, încălzit prin arderea unei bucățele de vată îmbibată în spirt și așezată într-un degetar, se formează aburi; ieșind prin orificiul din coaja oului, aburii forțează vaporașul să se deplaseze în sens opus. Dar pentru a construi această jucărie sunt necesare mâini foarte dibace.

CUM SE DEPLASEAZĂ CARACATIȚA

Vi se va părea curios dacă vă voi spune că sunt destul de multe vietăți pentru care „ridicarea de păr a propriului corp“ este un mod

obișnuit de deplasare în apă.

Caracatița și, în general, majoritatea moluscelor cephalopode se deplasează în apă în felul următor: trag apă în cavitatea bronhială printr-o fantă laterală și o pâlnie specială din fața corpului, iar apoi lansează cu energie un jet de apă prin pâlnia amintită mai sus; conform legii reacțiunii, corpul animalului capătă un impuls în sens contrar, impuls suficient pentru a înainta destul de repede în direcția părții posterioare. De altfel caracatița poate îndrepta „pâlnia“ menționată mai sus într-o parte sau chiar spre spate și, aruncând cu energie apa, să se deplaseze în orice direcție.

Pe același principiu se bazează și deplasarea meduzei: prin contractarea mușchilor ea evacuează apa de sub corpul ei în formă de clopot, căpătând un impuls de sens contrar. Și alte animale acvatice se folosesc de metode asemănătoare. Iar noi mai punem la îndoială posibilitatea deplasării prin astfel de metode!

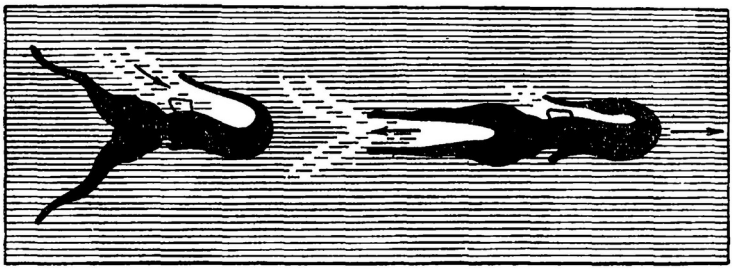


Fig. 10 — Mișcarea la înot a caracatiței

CU RACHETA SPRE STELE

Ce poate fi mai ispititor decât să poți părăsi globul pământesc, să poți călători prin universul necuprins, să zbori de pe Pământ spre Lună, de pe o planetă pe alta? Câte romane de aventuri au fost scrise pe această temă! Câți autori ne-au purtat pe aripile imaginației spre aștrii îndepărtați! Voltaire în *Micromegas*, Jules Verne în *O călătorie spre Lună* și Hector Servadac. Wells în *Primii oameni În Lună*. Ca și mulți alții, ei au întreprins călătorii pasionante pe alte planete, desigur numai în imaginația lor.

Oare nu există nici o posibilitate de a realiza acest vis străvechi? Oare toate proiectele ingenioase, zugrăvite cu atâta imaginație plină de veridicitate în romane, sunt de fapt irealizabile?

În cele ce urmează vom mai vorbi despre proiectele fantastice de a întreprinde călătorii interplanetare. Acum însă să facem cunoștință cu proiectul real al unor asemenea zboruri, propus pentru prima dată de către K.E. Țiolkovski.

Se poate ajunge în Lună cu avionul? Desigur că nu. Avioanele și dirijabilele se mișcă numai pentru că „se sprijină" pe aer, iar între Pământ și Lună nu există aer. În spațiul cosmic, în general, nu există un mediu suficient de dens pe care să se poată „sprijini" un „dirijabil interplanetar". Deci trebuie descoperit un aparat care să poată zbura și să fie dirijat fără să se sprijine pe ceva.

Cunoaștem de-acum un astfel de proiectil: racheta. N-ar fi bine oare să se construiască o rachetă uriașă, cu o cabină specială pentru oameni, alimente, baloane cu aer și tot ce mai este necesar? Imaginați-vă că oamenii transportă în rachetă o cantitate mare de combustibil și pot dirija scurgerea gazelor explozibile în orice direcție. S-ar obține astfel o adevărată navă cosmică, cu care se poate pluti prin oceanul interastral, se poate zbura în Lună, spre alte planete... Pasagerii pot, dirijând exploziile, să sporească treptat viteza acestui dirijabil interplanetar, în așa fel încât creșterea vitezei să fie inofensivă pentru ei. Când ar vrea să debarce pe o planetă oarecare, ei ar putea, dirijându-și nava, să reducă treptat viteza proiectilului, încetinind astfel căderea. În sfârșit, pasagerii s-ar putea înapoia, folosind același procedeu, pe Pământ.

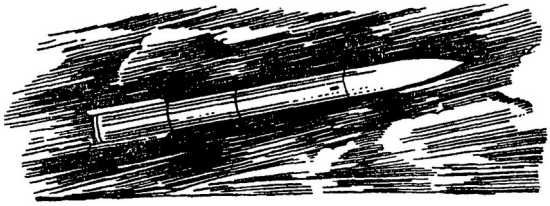


Fig. 11 — Proiectul unui dirijabil interplanetar realizat sub formă de rachetă

Ne amintim cât de puțină vreme a trecut de când aviația și-a făcut primii pași. Iar acum avioanele străbat văzduhul la înălțimi mari, trecând peste munți, deserturi, continente, oceane.

Poate că și aeronautica va avea parte de o dezvoltare tot atât de rapidă și bogată peste vreo două-trei decenii. Atunci omul va rupe lanțurile invizibile care-l leagă de atâta vreme de planeta natală și se va avânta în spațiul nesfârșit al universului.[1]

[1] *În prezent, zborurile cosmice nu mai sunt pentru nimeni o utopie, iar progresul în acest domeniu este din ce în ce mai rapid (n. red. rom.).*

Capitolul 2

FORȚA. LUCRUL MECANIC. FRECAREA

PROBLEMA DESPRE LEBĂDĂ, RAC ȘI ȘTIUCĂ

Fabula despre lebădă, rac și știucă, care s-au înhămat la o căruță, este binecunoscută. Dar nu prea cred că a încercat cineva să examineze această problemă din punct de vedere mecanic. Rezultatul obținut nu concordă de loc cu concluziile fabulistului Krîlov.

Avem de rezolvat o problemă de mecanică, referitoare la compunerea mai multor forțe care acționează după direcții perpendiculare între ele.

În fabulă se arată astfel direcția forțelor: lebăda se înalță spre nori, racul face cale-ntoarsă, iar știucă ia drumul apei.

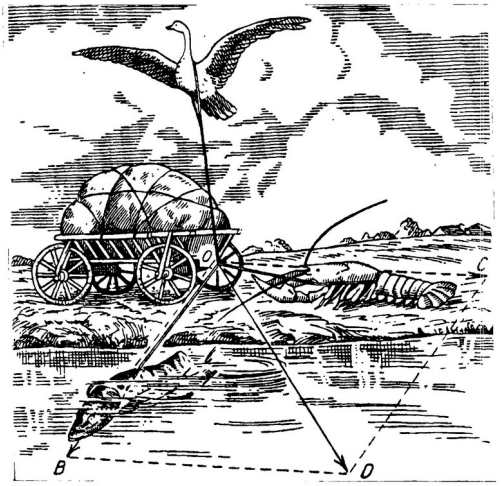


Fig. 12 — Problema lui Krîlov despre lebădă, rac și știucă, rezolvată după regulile mecanicii. Rezultanta (*OD*) ar trebui să conducă căruța spre rîu.

Prin urmare (fig. 12) o forță, a lebedei, este îndreptată în sus; a doua, a știucii (OB), este laterală; cea de a treia, a racului (OC), trage căruța înapoi. Să nu uităm că mai există și a patra forță, greutatea căruței, care este dirijată în jos. În fabulă se afirmă că „și astăzi căruța mai este acolo“, adică rezultanta celor patru forțe este egală cu zero.

Așa să fie oare? Să vedem. Lebăda, care caută să se înalțe, nu-și opune eforturile celor ale știucii și racului, ci chiar îi ajută pe aceștia: forța lebedei, îndreptată în sens contrar forței de gravitație, reduce frecarea roților de pământ și de osii, micșorând astfel greutatea căruței și, poate, echilibrând-o chiar total-obiectele din căruță erau ușoare (așa se afirmă în fabulă). Admițând spre simplificare acest din urmă caz, rămân numai două forțe: cea a racului și cea a știucii. Despre sensul acestor forțe se arată că „racul face cale-ntoarsă, iar știuca trage spre apă“. Este de la sine înțeles că apa nu se află în fața căruței, ci undeva într-o parte (nu-i de crezut că personajele lui Krîlov depuneau atâta strădanie doar cu intenția de a scufunda căruța!).

Deci direcția forței racului formează un unghi oarecare cu direcția forței știucii. Dacă forțele aplicate nu se află pe aceeași treaptă, atunci rezultanta diferă de zero.

Procedând după regulile mecanicii, construim cu ambele forțe OB și OC un paralelogram; diagonala OD a acestuia dă direcția și mărimea rezultantei. Este clar că această forță rezultantă trebuie să deplaseze din loc căruța, cu atât mai mult cu cât greutatea ei este anulată total sau parțial de forța lebedei. Dar se naște o altă întrebare: încotro se va deplasa căruța: înainte, înapoi sau într-o parte? Aceasta depinde de raportul de forțe și de mărimea unghiului dintre ele.

Cititorii care au o practică oarecare la compunerea și la descompunerea forțelor se vor descurca cu ușurință și în acel caz când forța lebedei nu echilibrează greutatea căruței; ei se vor convinge de faptul că nici atunci căruța nu poate rămâne nemișcată. Căruța poate rămâne pe loc sub influența celor trei forțe numai dacă frecarea osiilor roților sau frecarea dintre roți și drum este mai mare decât forța rezultantă aplicată. Dar acestea nu concordă cu afirmația că povara nu li se părea grea.

În orice caz, Krîlov nu putea susține cu convingere imobilitatea căruței, care nici azi nu s-a urnit din loc. De altfel aceasta nu schimbă cu nimic esența fabulei.

CONTRAR AFIRMAȚIILOR LUI KRÎLOV

Am văzut mai sus că regula de viață dată de Krîlov, care afirmă: „Când prietenii la treabă nu se înțeleg, amin! Isprava li-i deșartă și

munca lor un chin”[1], nu concordă totdeauna cu legile mecanicii. Forțele pot avea direcții diferite și, totuși, prin compunerea lor să se obțină o forță rezultantă.

[1] *I. A. KRÂLOV, Fabule, București, Edit. Tineretului, 1961, p. 87 (n.t.).*

Sunt puțini cei care știu că ființe așa de harnice ca furnicile, pe care Krîlov le dădea drept exemplu de muncă străduitoare, muncesc exact după metoda ridiculizată de fabulist. Și, trebuie să recunoaștem, muncesc cu spor. Tot legea compunerii forțelor vine în ajutorul străduințelor lor. Urmărind cu atenție furnicile în timpul activității, vă veți convinge curând de faptul că colaborarea lor rațională este doar aparentă; de fapt fiecare furnică muncește independent, fără să caute să le ajute pe celelalte.

Iată cum descrie munca furnicilor un zoolog.

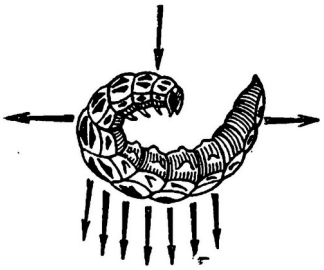


Fig. 13 — Cum trag furnicile o omidă.

„Dacă o captură mare este cărată de zece furnici pe un teren neted, atunci toate acționează identic. Și se creează aparența unei colaborări. Dar deodată povara lor, de exemplu o omidă se agață de un obstacol oarecare, de un fir de iarbă sau de o pietricică. Peste obstacol nu se poate trece, el trebuie ocolit. Și iată că devine evident faptul că fiecare furnică lucrează pe cont propriu, fără a ține seama de tovarășele sale, fără a-și uni cu ele eforturile pentru o învingerea obstacolului (fig. 13 și 14). Una trage spre dreapta, alta spre stânga, una împinge înainte, iar alta trage înapoi. Trec dintr-un loc în altul, apucă omida de o altă parte a corpului și fiecare trage și împinge în legea lui. Când întâmplarea face ca forțele lor sa se adune astfel încât omida să fie trasă într-o parte de patru furnici, iar în cealaltă de șase, atunci omida este târâtă în ultimă instanță tocmai în direcția celor șase furnici, învingând forța celorlalte patru”.

Dăm încă un exemplu interesant, care ilustrează și mai bine această colaborare aparentă a furnicilor. În figura 15 este reprezentată o bucățică triunghiulară de caşcaval trasă de 25 de furnici. Bucata de caşcaval se deplasa încet în direcția indicată prin săgeata A și se putea crede că șirul din față al furnicilor trage povara, cel din spate o împinge, iar furnicile laterale le ajută atât pe unele, cât și pe celelalte, Dar nu e greu să ne convingem de faptul că lucrurile stau altfel: separați cu cuțitul jumătatea din spate și povara va fi cărată mult mai repede.

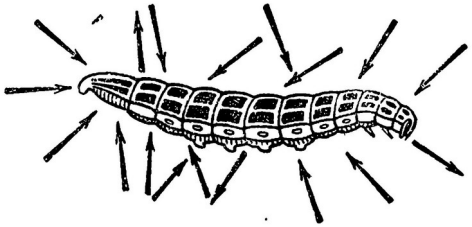


Fig. 14 — Cum își transportă prada furnicile. Săgețile indică direcțiile aproximative ale eforturilor diferitelor furnici.

Este clar că cele 11 furnici din spate o trăgeau înapoi în loc s-o împingă: fiecare dintre ele caută să întoarcă povara astfel încât s-o târască spre cuib, mergând cu spatele înainte. Prin urmare, furnicile din spate nu numai că nu le ajutau pe cele din față, dar chiar le împiedicau cu multă sârguință strădaniile, anulându-le eforturile. Pentru a transporta bucățica de caşcaval erau suficiente eforturile a patru furnici și numai datorită neconcordanței dintre acțiunile lor povara era transportată de 25 de furnici.

Această particularitate a acțiunilor comune ale furnicilor a fost remarcată încă de mult de către Mark Twain. Vorbind despre întâlnirea a două furnici, dintre care una a găsit un picioruș de greier, el spune:

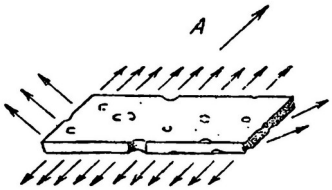


Fig. 15 — Cum caută furnicile să transporte o bucăţică de caşcaval spre furnicarul aşezat în direcţia săgeţii *A*.

„Ele apucă piciorul de ambele capete și trag din toate puterile în părți opuse. Ambele văd că ceva nu este în ordine, dar nu pot înțelege ce anume. Încep discuțiile dintre ele, iar discuțiile degenerează în bătaie... Se încheie armistițiul și iar începe munca în comun, complet lipsită de rațiune, iar tovarășa rănită în bătaie constituie ea însăși o piedică. Depunând toate eforturile, tovarășa sănătoasă cară povara și, o dată cu ea, pe prietena rănită, care, în loc să cedeze prada, stă agățată de ea“. În glumă, Twain face observația foarte justă că „furnica muncește bine numai atunci când este urmărită de un naturalist lipsit de experiență, care trage concluzii greșite“.

ESTE UȘOR DE SFĂRIMAT COAJA UNUI OU?

Printre problemele filosofice care preocupă mintea isteață a înțeleptului Kif Mokievici din *Suflete moarte* era și următoarea: „Dacă elefantul s-ar naște din ou, atunci coaja acestuia ar fi, probabil, foarte

groasă; nici cu tunul n-ai putea-o sparge; ar trebui inventată o nouă armă de foc“.

Probabil că „filosoful” gogolian ar fi fost tare uimit dacă ar fi aflat că și o coajă obișnuită de ou, cu toate că este atât de subțire, nu este prea fragilă. Nu-i chiar atât de ușor să spargi un ou între palme, apăsând capetele (ca în figură); în aceste condiții este nevoie de un efort destul de mare pentru a-i sfărâma coaja[1].

[1] *Experiența prezintă oarecare pericol de rănire și necesită prudență: coaja se poate înfige în palmă.*

Rezistența atât de neobișnuită a coajei de ou depinde exclusiv de forma ei convexă și se explică la fel ca rezistența a tot felul de cupole și arcade.

În figura 17 este reprezentată o mică arcadă de piatra de deasupra unei ferestre. Greutatea S (adică a pietrelor de deasupra) apasă în jos asupra pietrei mijlocii în formă de pană cu forța reprezentată în desen prin săgeata A. Dar

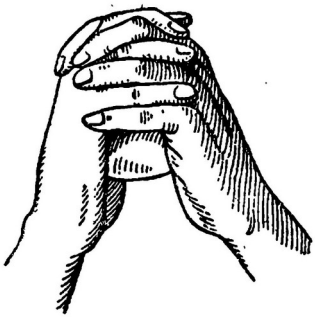


Fig. 16 — Pentru a sfărîma în felul acesta coaja de ou este nevoie de un efort destul de mare.

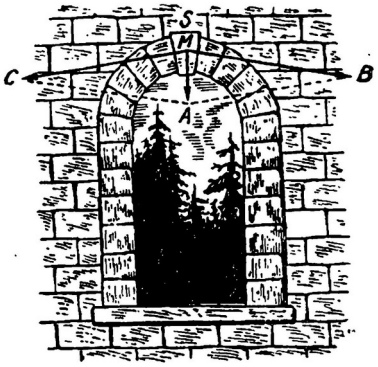


Fig. 17 — Cauzele rezistenței arcadei.

această piatră nu se poate deplasa în jos din cauza formei ei speciale: ea presează doar pietrele vecine. Astfel, forța A se descompune, conform legii paralelogramului, în două forțe, notate cu săgețile C și B; ele sunt echilibrate de rezistența pietrelor vecine, presate la rândul lor între pietre alăturate. În felul acesta, forța exercitata din afară asupra arcadei nu o poate dărâma. Arcada poate însă relativ ușor să fie

distrusă dinăuntru. Este ușor de înțeles acest lucru, deoarece forma de pană a pietrelor, care le împiedică să coboare, nu le împiedică de loc să se ridice.

Coaja de ou este și ea un fel de arcadă, cu deosebirea că este compactă. Când presiunea se exercită din exterior, ea nu se sfărâmă atât de ușor cum ar fi de așteptat pentru un material atât de fragil. Putem așeza o masă destul de grea cu picioarele pe patru ouă crude, fără ca ele să se spargă (pentru stabilitate, ouăle trebuie prevăzute la capete cu căpăcele de gips; gipsul aderă cu ușurință la coaja de ou).

Veți înțelege acum de ce cloșca nu trebuie să se teamă că greutatea corpului ei va sfărâma ouăle. Și, totodată, un puișor gingaș abia născut, dorind să iasă din închisoarea lui naturală, sparge cu ușurință pe dinăuntru coaja oului.

Spărgând oul cu ușurință cu o lovitură de linguriță aplicată lateral, nici nu bănuim măcar cât de rezistentă este coaja sa atunci când presiunea se exercită asupra lui în condiții naturale și ce cuirasă sigură a pregătit natura pentru gingașa ființă care se dezvoltă sub protecția ei.

Rezistența misterioasă a becurilor electrice, care par atât de fragile, se explică la fel ca și cea a cojilor de ou.

Această rezistență ne pare și mai uimitoare dacă ne amintim că multe dintre ele (cele cu vid și nu cele umplute cu gaze) sunt aproape absolut goale și că din interiorul lor nimic nu opune rezistență la presiunea aerului din exterior. Iar mărimea presiunii aerului exercitată asupra becului electric nu este mică; un bec cu diametrul transversal de 10 cm suferă la ambele capete o presiune echivalentă cu peste 75 kg (greutatea unui om). Experiența arată că un bec electric cu vid poate rezista chiar și la o presiune de două ori și jumătate mai mare.

CU PÂNZELE SUS ÎMPOTRIVA VÂNTULUI

Ne imaginăm cu greu cum se pot deplasa navele cu pânze împotriva vântului. Este drept că un marinar va spune că nava cu pânzele întinse nu poate merge direct împotriva vântului, ci se poate deplasa doar după o direcție care formează un unghi ascuțit cu cea a vântului. Dar unghiul acesta este mic, doar aproximativ un sfert dintr-un unghi drept, și pare la fel de neînțeles a pluti direct împotriva vântului sau sub un unghi de 22° cu direcția, acestuia.

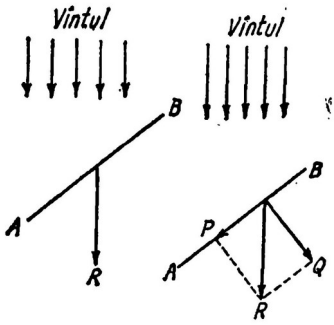


Fig. 18 — Vîntul împinge vela totdeauna sub un unghi drept cu planul ei.

De fapt însă nu-i chiar de neînțeles și vom explica imediat în ce fel forța vântului

ne ajută să mergem împotriva lui sub un unghi mic. Să vedem la început cum acționează în general vântul asupra velei, adică încotro o împinge atunci când suflă asupra ei. Credeți, probabil, că vântul împinge vela întotdeauna în direcția în care suflă? Vă înșelați: oricare ar fi direcția din care suflă vântul, el împinge vela perpendicular pe planul ei. Într-adevăr, să presupunem că vântul suflă în direcția săgeților din figura 18: linia AB reprezintă vela. Deoarece vântul apasă uniform asupra întregii suprafețe a velei, înlocuim presiunea vântului cu forța R aplicată la mijlocul velei. Descompunem această forță în două: forța Q, perpendiculară pe velă, și forța P, îndreptată de-a lungul ei (fig. 18, dreapta). Forța P nu împinge vela de loc, deoarece frecarea vântului de velă este neînsemnată. Rămâne forța Q, care împinge vela în direcția perpendiculară pe suprafața ei.

Cunoscând lucrul acesta, vom înțelege cu ușurință cum poate naviga nava cu pânze împotrivă vântului, drumul ei formând cu direcția vântului un unghi ascuțit. Să presupunem că linia KK (fig. 19) reprezintă linia de chilă a navei. Vântul bate, formând un unghi ascuțit cu această linie în direcția indicată de săgeți. Linia AB reprezintă vela; ea este astfel așezată, încât planul ei să împartă în două unghiul format de direcția KK cu cea a vântului. Urmăriți în figura 19 descompunerea forțelor. Reprezentăm cu ajutorul forței Q, care, după câte știm, trebuie să fie perpendiculară pe velă, presiunea vântului asupra velei. Descompunem această forță în două: forța R, perpendiculară pe chilă, și forța S, îndreptată înainte de-a lungul liniei de chilă a navei. Deoarece mișcarea navei în direcția R întâmpină rezistența puternică a apei (la navele cu vele chila se face foarte adâncă), forța R

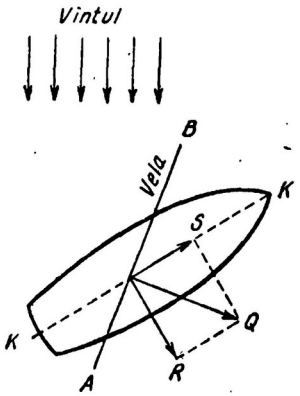


Fig. 19 — Cum se poate merge cu pînzele sus împotriva vîntului.

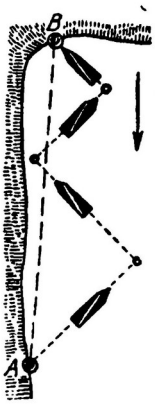


Fig. 20 — Drumul navei cu pînze.

este echilibrată aproape total de rezistența apei. Rămâne doar forța S, care, după cum vedeți, este dirijată înainte și, prin urmare, deplasează vasul, sub un unghi mic, aproape în întâmpinarea vântului[1].

[1] *Se poate demonstra că mărimea forței S este maxima atunci când planul velei împarte în două unghiul dintre direcția chilei și cea a vântului.*

De obicei această mișcare se efectuează în zigzag, ca în figura 20. În limbajul mărinăresc, această mișcare a navei se numește manevrare în sensul strict al cuvântului.

AR FI PUTUT ARHIMEDE SĂ RIDICE PĂMÂNTUL?

„Dați-mi un punct de sprijin și voi ridica pământul!" iată exclamația pe care legenda i-o atribuie lui Arhimede, genialul mecanician al antichității, care a descoperit legile pârghiei. Plutarh scrie: „Odată Arhimede i-a scris regelui Hieron din Siracuza, a cărui rudă și prieten era, că o forță oarecare poate ridica orice greutate. Înflăcărat de demonstrațiile sale, el a adăugat că, dacă ar exista un alt Pământ, atunci el, trecând pe acesta din urmă, i-ar urni din loc pe al nostru".

Arhimede știa că nu există nicio greutate care să nu poată fi ridicată de o forță mică, folosindu-se în acest scop o pârghie; este suficient să aplicăm această forță la brațul foarte lung al unei pârghii, făcând ca

brațul scurt să acționeze asupra greutății. De aceea el credea că, apăsând pe brațul extrem de lung al unei pârghii, poate fi ridicată doar prin forța brațelor o greutate a cărei masă este egală cu masa globului pământesc[1].

[1] *Prin expresia a ridica Pământul vom subînțelege ridicarea pe suprafața Pământului a unei astfel de greutăți a cărei masă este egală cu masa planetei noastre (n. A.).*

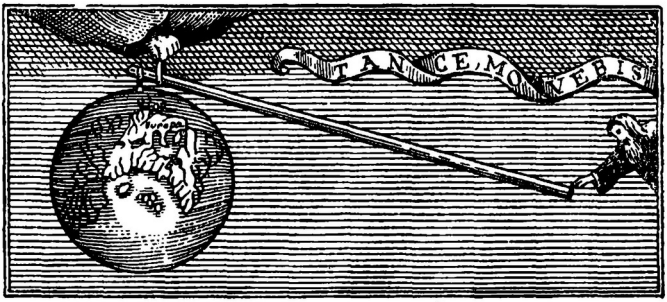


Fig. 21 — „Arhimede ridică pământul cu o pîrghie". Gravură din cartea lui Varignon (1787) despre mecanică.

Dar dacă marele mecanician al antichității ar fi știut cât de uriașă este masa globului pământesc, el s-ar fi abținut, probabil, de la exclamația sa hazardată. Să ne imaginăm o clipă că lui Arhimede i s-a dat acel „alt Pământ", acel punct de sprijin pe care-l căuta; să ne imaginăm apoi că și-a confecționat o pârghie cu lungimea necesară. Știți cât timp i-ar fi trebuit pentru a ridica fie chiar și cu un centimetru o greutate egală (ca masă) cu masa globului pământesc? Cel puțin treizeci de mii de bilioane de ani!

Da! Masa Pământului le este cunoscută astronomilor[1]; un corp cu o astfel de masă ar cântări pe Pământ cam 6 000 000 000 000 000 000.000 de tone.

[1] *Despre modul cum a fost determinată, vezi Astronomia distractivă de același autor.*

Dacă omul poate ridica nemijlocit 60 kg, pentru a „ridica Pământul" ar trebui să acționeze cu forța mâinilor lui asupra brațului lung al unei pârghii mai mare decât cel scurt de 1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 de ori!

Un calcul simplu vă va arăta că până când capătul brațului scurt se va ridica cu 1 cm, capătul celălalt va descrie în univers un arc imens de

1 000 000 000 000 000 000 km.

Un drum atât de inimaginabil de lung ar fi trebuit să parcurgă mâna lui Arhimede, apăsată pe brațul pârghiei, pentru „a ridica Pământul“ doar cu un singur centimetru! Și cât timp ar trebui pentru aceasta? Dacă presupunem că Arhimede putea ridica o greutate de 60 kg la înălțimea de 1m în într-o secundă (capacitatea de lucru de aproape un cal-putere), chiar și atunci pentru „ridicarea Pământului“ la înălțimea de 1 cm ar fi necesare 1 000 000 000 000 000 000 000 de secunde, sau treizeci de mii de bilioane de ani! Chiar dacă Arhimede și-ar fi petrecut întreaga-i viață îndelungată apăsând pe pârghie și tot n-ar fi reușit „să ridice Pământul“ nici cu atât cât măsoară grosimea unui fir de păr.

Niciun fel de încercări ale genialului inventator nu i-ar fi dat posibilitatea să reducă cu mult acest timp. „Legea de aur a mecanicii” spune că pentru orice mașină câștigul de forțe este inevitabil însoțit de o pierdere corespunzătoare în lungimea de deplasare, adică de pierdere în timp. Chiar dacă Arhimede și-ar fi exersat mâna până la o rapiditate extremă posibilă în natură, până la 300 000 km pe secundă (viteza luminii), nici atunci el nu ar fi reușit „să ridice Pământul“ cu 1 cm decât peste zece milioane de ani muncă.

VOINICUL LUI JULES VERNE ȘI FORMULA LUI EULER

Vă amintiți de atletul Matifou din romanul lui Jules Verne? „Avea o înălțime de aproape șase picioare, capul mare, umerii foarte largi, pieptul ca foalele unui fierar, picioarele ca niște trunchiuri de copaci de doisprezece ani, brațele ca niște biele de mașină, mâinile ca niște foarfeci mari de tăiat metale”. Probabil că din faptele acestui voinic, descrise în romanul *Mathias Sandorf*, vă mai amintiți de întâmplarea cu adevărat extraordinară când uriașul nostru a reușit să împiedice lunecarea în apă a navei „Trabacolo”[1].

[1] JULES VERNE, Mathias Sandorf, București, Edit. Tineretului 1961, p. 156 (n.t.).*

Iată descrierea acestei întâmplări:

„Într-adevăr, «Trabacolo» alunecase pe uluc. Un fum alb, iscat de frecarea tălpoaiei, se ridica la capătul de dinainte al vasului, în timp ce partea dinapoi se adâncea tot mai mult în apele golfului.

Deodată, din mulțime se desprinse un om. Se repezi și apucă o parâmă ce atârna în partea dinainte a «Trabacolo»-ului. Dar zadarnic se opintește s-o rețină, înțepenindu-se din toate puterile, cu riscul de a fi și el târât. Alături este înfipt un pilon de fier, servind la acostarea vaselor. Într-o clipă parâma e învârtită în jurul pilonului și începe să se

desfășoare încet-încet, în timp ce omul, amenințat să fie tras și să-și strivească mâinile, încearcă să o țină pe loc, opintindu-se cu o putere supraomenească.

Totul se petrece în zece secunde. Deodată parâma se rupse.

Dar aceste zece secunde fuseseră de ajuns. «Trabacolo» intrase de-a binelea în apele golfului, săltându-se ca într-o mișcare de tangaj. Alunecă cu iuțeală de-a lungul canalului de lansare, trecând la mai puțin de un picior de partea dinapoi a goeletei, și nu se opri până în momentul când ancora sa, căzând la fund, îl opri cu o zvâcnitură.

Goeleta era salvată.

Iar omul, căruia nimeni nu avusese timpul să-i vină într-ajutor – atât de neașteptată și de fulgerătoare fusese această manevră –, omul acesta era Matifou".

Cât de uimit ar fi rămas autorul romanului dacă i s-ar fi spus că pentru o astfel de faptă nu trebuie de loc să fii uriaș și nici să ai „forță de tigru“ ca Matifou. Orice om isteț ar fi putut face același lucru.

Mecanica ne învață că la lunecarea odgonului înfășurat, pe pilon forța de frecare atinge o valoare mare. Cu cât este mai mare numărul de înfășurări ale odgonului, cu atât este mai mare frecarea; regula de creștere a frecării este astfel încât, o dată cu creșterea numărului de înfășurări în progresie aritmetică, frecarea crește în progresie geometrică. De aceea, chiar și un copil slab „ținând capătul liber al odgonului înfășurat de 3—4 ori pe un arbore fix, poate echilibra o forță uriașă.

La debarcadere pentru navele fluviale, adolescenții opresc pe această cale navele cu o sută de pasageri care acostează. Ei nu sunt ajutați de forța fenomenală a mâinilor lor, ci de frecarea odgonului de pilon.

Euler, cunoscutul matematician din secolul al XVIII-lea, a stabilit dependența dintre forța de frecare și numărul de înfășurări ale odgonului în jurul pilonului. Pentru acei pe care nu-i sperie limbajul concis al expresiilor algebrice, dăm această formulă concludentă a lui Euler:

$$F = fe^{k\alpha}$$

Aici F este forța împotriva căreia este îndreptat efortul nostru f. Cu litera e este notat numărul 2,728... (baza logaritmilor naturali), k – este coeficientul de frecare între odgon și pilon, iar α reprezintă unghiul de înfășurare, adică raportul dintre lungimea arcului cuprins de odgon și

raza acestui arc.

Să aplicăm formula la cazul descris de Jules Verne. Se obține un rezultat uimitor. În acest caz, forța F este forța de tracțiune a vasului care lunecă pe doc. Greutatea vasului din roman este cunoscută: 50 de tone. Vom presupune că înclinarea calei de construcție este 1/10; atunci asupra odgonului n-a acționat greutatea totală a vasului, ci doar 1/10 din ea, adică 5 tone, sau 5 000 kg.

Mai departe vom considera că coeficientul de frecare a odgonului de pilonul de fier este k = 1/3. Mărimea lui a o determinăm cu ușurință dacă considerăm că Matifou a înfășurat odgonul în jurul tamburului de trei ori.

Atunci:

$$\alpha = 3 \times 2\frac{\pi r}{r} = 6\ \pi;$$

înlocuind toate aceste valori în formula lui Euler, obținem ecuația

$$5000 = f \times 2{,}72^{6\pi} \times \frac{1}{3} = f \times 2{,}72^{2\pi}$$

Necunoscuta f, adică mărimea efortului necesar, se poate determina din această ecuație, recurgând la logaritmi:

$$lg\,5000 = lg\,f + 2\,\pi\,lg\,2{,}72$$

de unde

$$f = 9{,}3\ kg$$

Astfel, pentru a săvârși o asemenea faptă era suficient ca uriașul să tragă de odgon doar cu o forță de 10 kg!

Să nu credeți că această cifră, 10 kg, este numai teoretică și că, de fapt, este necesar un efort mult mai mare. Dimpotrivă, rezultatul nostru este chiar exagerat: în cazul odgonului de iută și al pilonului de lemn, când coeficientul de frecare *k* este mai mare, efortul solicitat este minim. Dacă odgonul ar fi suficient de rezistent și ar rezista la tracțiune, atunci chiar și un copil slab ar putea, înfășurând odgonul de 3—4 ori, nu numai să reediteze performanța voinicului lui Jules Verne, dar s-o și depășească.

DE CE DEPINDE REZISTENȚA NODURILOR?

În viața cotidiană, fără a ne da seama, folosim adesea avantajele oferite de formula lui Euler. Ce altceva este un nod dacă nu o frânghie înfășurată pe un arbore, al cărui rol în cazul de față îl joacă cealaltă parte a aceleiași frânghii? Rezistența oricărui nod – obișnuit, lunecător, marinăresc, fundă etc – depinde exclusiv de frecare, care este aici de multe ori amplificată, datorită faptului că sfoara se înfășoară în jurul său așa cum se înfășoară odgonul în jurul pilonului. Este ușor să ne convingem de acest fapt, urmărind sinuozitățile sforii în nod. Cu cât sunt mai multe sinuozități, cu atât este mai mare numărul de înfășurări ale frânghiei în jurul ei însăși, cu atât este mai mare *unghiul de înfășurare* și, prin urmare, cu atât este mai rezistent nodul.

Aceeași proprietate este folosită în mod inconștient și de croitorul care coase un nasture. El înfășoară de mai multe ori ața în jurul locului unde a cusut nasturele și numai după aceea o rupe; dacă ața este tare, nasturele nu se va rupe. Aici este folosită regula pe care o cunoaștem deja: o dată cu creșterea în progresie aritmetică a numărului de înfășurări ale ației, rezistența cusăturii crește în progresie geometrică.

Dacă nu ar exista frecare, nu ne-am putea folosi de nasturi. Ațele s-ar desfășura sub greutatea lor și nasturii ar cădea.

DACĂ NU AR FI EXISTAT FRECAREA

Vedeți cât de variat și în pe mod, uneori neașteptat, se manifestă frecarea în mediul nostru înconjurător.. Frecarea, de altfel destul de mare, participă acolo unde nici nu ne gândim. Dacă frecarea ar dispărea subit din natură, atunci-multe dintre fenomenele obișnuite ar decurge cu totul altfel. Despre rolul frecării, fizicianul Guillaume a scris:

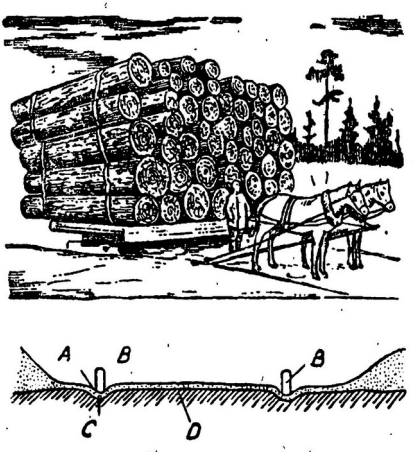


Fig. 22 — Sus — sanie încărcată pe gheață: doi cai trag o povară de 70 tone. Jos — drumul înghețat; *A* — șanțul, *B* — talpa saniei, *C* — zăpada bătătorită, *D* — baza de pământ a șoselei.

„Cu toții am avut ocazia să ieșim în stradă pe polei: câte eforturi ne-au trebuit, pentru a nu cădea, câte mișcări caraghioase a trebuit să facem pentru a nu ne pierde echilibrul! Aceasta ne silește să recunoaștem că, de obicei, pământul pe care umblăm are o proprietate prețioasă, datorită căreia ne păstrăm

echilibrul fără eforturi deosebite. Același gând se naște când mergem cu bicicleta pe un pavaj lunecos sau când calul alunecă pe asfalt și cade. Studiind asemenea fenomene, ajungem la descoperirea urmărilor la care duce frecarea. Inginerii caută s-o înlăture, pe cât posibil, în mașini – și bine fac. În mecanica aplicată, despre frecare se vorbește ca despre un fenomen foarte indezirabil, și aceasta este just, dar numai într-un domeniu îngust de specialitate. În toate celelalte cazuri trebuie însă să fim. Recunoscător frecării: ea ne dă posibilitatea de a umbla, de a sta jos și de a lucra fără primejdia ca lucrurile de pe masă să cadă pe podea, ca masa să lunece până se va propti într-un Colț, iar tocul să fugă dintre degete.

Frecarea este un fenomen atât de răspândit, încât noi, cu mici excepții, nu suntem nevoiți să apelăm la ajutorul ei, ea ne vine singură în ajutor,.

Frecarea contribuie la stabilitate. Tâmplarii netezesc podeaua astfel încât masa și scaunele rămân acolo tinde au fost așezate. Platourile, farfuriile, paharele așezate pe masă rămân imobile fără ca noi să luăm măsuri speciale, bineînțeles dacă nu ne găsim pe vapor pe timp de furtună.

Să ne imaginăm că frecarea poate fi înlăturată cu totul. Atunci niciun corp, fie chiar și de dimensiunile unei stânci sau, dimpotrivă, ale unui fir de nisip, nu se va menține niciodată unul deasupra celuilalt. Totul ar luneca și s-ar rostogoli până ar ajunge la același nivel. Dacă nu ar exista frecare, aturici Pământul ar fi o sferă fără neregularități, ca și cum ar fi lichid".

Se mai poate adăuga la aceasta că în absența frecării cuiele și șuruburile ar luneca din ziduri, și niciun obiect nu ar putea fi ținut în mână, că nici un sunet nu s-ar atenua, ci ar răsuna într-un ecou nesfârșit, reflectându-se neslăbit de exemplu de pereții camerei.

O lecție intuitivă care ne convinge de imensa importanță a frecării ne-o dă de fiecare dată poleiul. Ieșind în stradă pe polei, devenim neputincioși și riscăm tot timpul să cădem. Iată în acest sens un extras dintr-un ziar (din decembrie 1927):

„Londra, 21. Din cauza poleiului, circulația pe străzi la Londra este mult îngreuiată. Au fost internate în spitale circa 1 400 de persoane care și-au fracturat picioarele, mâinile etc.“.

„Ciocnindu-se în apropierea Hyde-Park-ului trei automobile și două vagoane de tramvai, mașinile au fost deteriorate din cauza exploziei benzinei...”.

„Paris 21. La Paris și în împrejurimile lui au avut loc numeroase accidente din cauza poleiului...”.

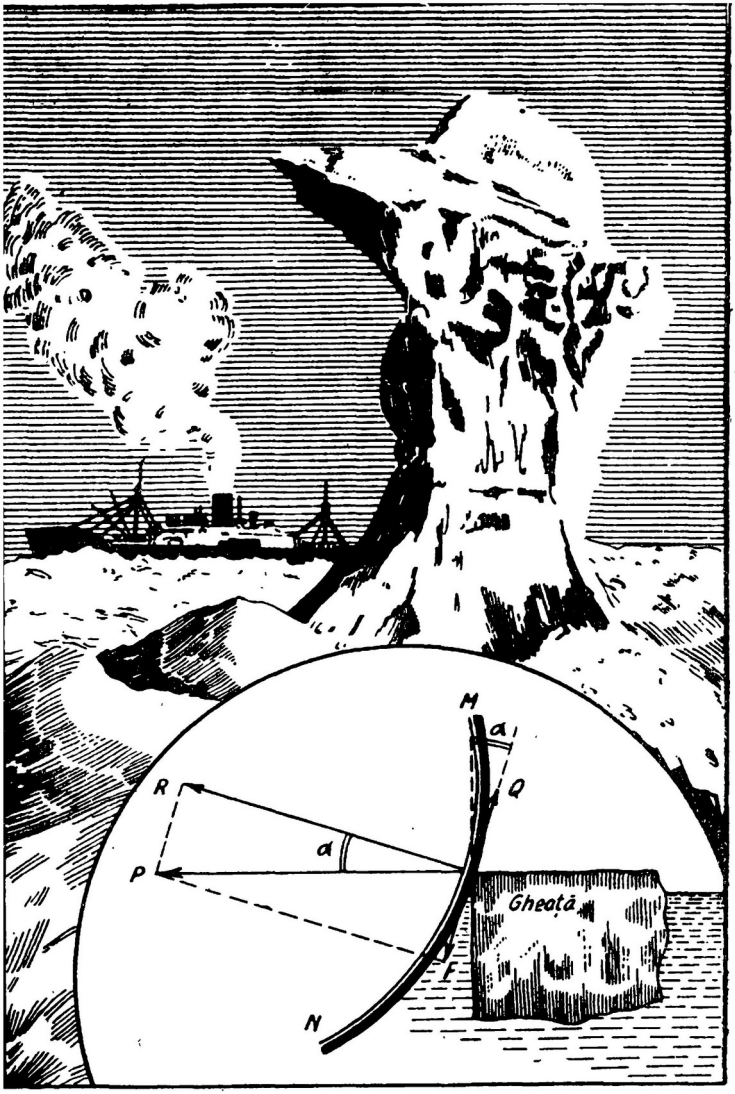
Dar frecarea redusă pe gheață poate fi folosită cu succes în practică.

Drept exemplu servește sania cea mai simplă. Un exemplu și mai bun îl constituie drumurile de gheață care se amenajau de la locurile de tăiere a pădurilor spre calea ferată sau punctele de lansare a plutelor. Pe un astfel de drum (fig. 22), pe care se amenajează șine netede de gheață, o pereche de cai reușește să transporte 70 de tone de lemne.

CAUZELE FIZICE ALE CATASTROFEI SUFERITE DE NAVA „CELIUSKIN“

Din cele arătate mai sus nu trebuie trasă concluzia pripită că frecarea pe gheață este neglijabilă în toate condițiile. Chiar la o temperatură apropiată de zero grade, frecarea pe gheață este adesea destul de mare. Legat de funcționarea spărgătoarelor de gheață, s-a studiat cu atenție frecarea gheții mărilor polare de căptușeala de oțel a navelor. S-a constatat că ea este neașteptat de mare, nefiind mai scăzută decât frecarea fierului de fier: coeficientul de frecare la frecarea unei căptușeli de oțel noi de gheață este. 0,2.

Pentru a înțelege ce importanță are această cifră în cazul navelor care navighează printre ghețuri, să examinăm figura 23: în ea este reprezentată direcția forțelor care acționează asupra bordului MN al navei sub presiunea gheții. Forța P a presiunii gheții se descompune în două: forța R, care este perpendiculară pe bord, și forța F, dirijată de-a lungul tangentei la bord. Unghiul dintre P și R este egal cu unghiul a de înclinare a bordului față de verticală. Forța Q de frecare a gheții de bord este egală cu forța R înmulțită cu coeficientul de frecare, adică cu 0,2; obținem Q = 0,2 R. Dacă forța de frecare Q este mai mică decât F, atunci aceasta din urmă antrenează gheața sub apă; gheața lunecă de-a lungul bordului și nu are timp să pricinuiască niciun fel de rău navei. Dacă însă forța Q este mai mare decât F, atunci frecarea împiedică lunecarea gheții și, prin



g. 23 — *Celiuskin* imobilizat de gheţuri. Jos, forţele care acţionează asupra bordului *MN* al vasului sub presiunea gheţurilor.

presare continuă, gheata poate turti și sparge bordul.

Dar când anume Q < F? Este ușor de văzut că F = Rtgα, prin urmare trebuie să existe inegalitatea Q < Rtgα și, deoarece Q = 0,2 R,

inegalitatea Q < F duce la o altă inegalitate:

$$0{,}2\ R < R\text{tg}\alpha$$

sau

$$\text{tg}\alpha > 0{,}2.$$

Cu ajutorul tabelelor găsim unghiul a cărui tangentă este 0,2; el este egal cu 11°. Prin urmare, Q < F atunci când α > 11°. În felul acesta se determină înclinarea față de verticală a bordului navei care poate asigura navigația printre ghețuri: înclinarea minimă este de 11°.

Să vorbim acum despre catastrofa suferită de nava „Celiuskin. Această navă, care nu era un spărgător de gheață, și-a parcurs cu bine întregul traseu prin apele nordice dar, ajungând în strâmtoarea Bering, a fost imobilizată de ghețuri.

Ghețurile au antrenat cu ele nava până în nordul cel mai îndepărtat și au strivit-o (în februarie 1934). Mulți își amintesc și azi despre modul în care oamenii de pe „Celiuskin“ au rezistat eroic în mijlocul ghețurilor și cum au fost salvați de aviatorii eroi.

Iată descrierea catastrofei:

„Metalul rezistent al corpului nu a cedat imediat – comunica prin radio șeful expediției O.I. Smidt. — Se vedea cum ghețarul turtea bordul și cum foile de oțel ale căptușelii se bombau și se curbau. Ghețurile își continuau ofensiva înceată, dar sigură. Foile căptușelii au plesnit de-a lungul sudurii. Niturile săreau cu zgomot. Într-o clipită, bordul stâng al navei s-a rupt de la pupă până la proră.

După cele discutate în acest paragraf, credem ca cititorul înțelege cauzele fizice, ale catastrofei.

De aici rezultă și urmările practice. La construirea navelor destinate navigației printre ghețuri, este necesar ca bordul lor să aibă înclinarea necesară, și anume cel puțin 11°.

BASTONUL AUTOECHILIBRAT

Așezați un baston neted pe degetele arătătoare ale mâinilor dumneavoastră, așa cum se arată în figura 24. Apropiați acum degetele până la atingerea lor. Ce curios! Veți constata că în această poziție bastonul nu cade, ci își păstrează echilibrul. Repetați experiența de mai multe ori, variind poziția inițială a degetelor, dar rezultatul este același: bastonul rămâne în echilibru. Înlocuind bastonul cu o riglă de desen, cu un baston de biliard sau cu o perie de podele, constatați că particularitatea se păstrează.

Care este explicația acestui final neașteptat?

Înainte de toate este clar că, dacă bastonul rămâne în echilibru pe degetele apropiate, se înțelege de la sine că acestea din urmă sunt

situate sub centrul de greutate al bastonului (corpul rămâne în echilibru dacă perpendiculara coborâtă din centrul de greutate cade în interiorul limitelor suprafeței de sprijin).

Fig. 24 — Experiența cu rigla. Sus — rezultatul experienței

Când degetele sunt depărtate, greutatea cea mai mare este suportată de degetul care este mai apropiat de centrul de greutate. O dată cu presiunea crește și frecarea. Degetul mai apropiat de centrul de greutate simte o frecare mai mare decât cel mai îndepărtat. De aceea degetul mai apropiat de centrul de greutate nu lunecă sub baston; lunecă totdeauna doar acel deget care este mai depărtat de acest punct. Îndată ce degetul care se afla în mișcare se apropie mai mult decât celălalt de centrul de greutate, degetele își schimbă rolurile; această înlocuire are loc de câteva ori până la apropierea completă a degetelor. Și, deoarece de fiecare dată se mișcă doar unul dintre degete, și anume acela care este mai depărtat de centrul de greutate, este firesc ca până la urmă apropierea degetelor să aibă loc sub centrul de greutate al bastonului.

Înainte de a termina cu această experiență, repetați-o cu o perie de podele (fig. 25, sus) și puneți-vă întrebarea: dacă tăiați coada periei în locul unde se întâlnesc degetele și puneți cele două bucăți pe cele două talere ale unei balanțe (fig. 25, jos), care dintre cele două talere va fi mai greu: cel cu coada sau cel cu peria?

S-ar părea că, dacă cele două părți erau în echilibru pe degete, ele trebuie să fie în echilibru și pe talerele balanței. În realitate însă, talerul cu peria este mai greu. Cauza acestui fenomen este ușor de ghicit dacă ținem seama de faptul că, atunci când peria este în echilibru pe degete, forțele de greutate ale celor două părți erau aplicate la brațele inegale ale unei pârghii; în cazul balanței însă, aceleași forțe sunt aplicate la capetele unei pârghii cu brațe egale.

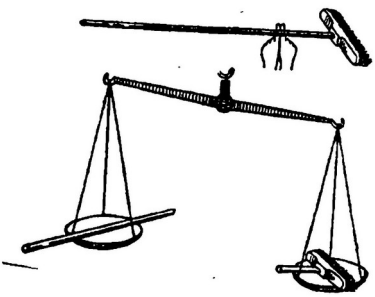


Fig. 25 — Aceeași experiență efectuată cu o perie de podele. De ce nu este în echilibru balanța?

Pentru Pavilionul științei distractive din Parcul de cultură din Leningrad am comandat un set de bețe cu poziția diferită a centrului de greutate; bețele se desfăceau în două părți, de obicei inegale, exact în locul unde era centru lor de greutate. Așezând aceste bucăți pe talerul unei balanțe vizitatorii constatau cu mirare că partea mai scurtă este mai grea decât cea mai lungă.

Capitolul 3

MIȘCAREA CIRCULARĂ

DE CE NU CADE TITIREZUL?

Din miile de oameni care s-au amuzat în copilăria lor jucându-se cu titirezul, nu sunt mulți care pot răspunde corect la această întrebare. Într-adevăr, cum poate fi explicat faptul că titirezul, așezat vertical sau chiar înclinat și pus în mișcare, nu se răstoarnă, contrar așteptărilor? Ce forță îl menține în această poziție, aparent atât de instabilă? Oare greutatea nu are asupra lui nicio influență? Aici are loc o interacțiune interesantă a forțelor. Teoria titirezului nu este simplă și nu intenționăm să ne adâncim în ea aici. Arătăm numai cauza principală care împiedică răsturnarea lui.

Fig. 26 — De ce nu cade titirezul?

În figura 26 este reprezentat un titirez care se rotește în sensul indicat prin săgeți. Urmăriți porțiunea A și porțiunea opusă B ale marginii lui. Porțiunea A tinde să se deplaseze dinspre dumneavoastră, iar porțiunea B spre dumneavoastră. Observați acum ce mișcare capătă aceste porțiuni când înclinaţi axa titirezului spre dumneavoastră. Prin acest șoc forțați porțiunea A să se miște în sus, iar B în jos; ambele porțiuni primesc un impuls sub un unghi drept față de propria lor mișcare. Dar, deoarece la o rotație rapidă a titirezului viteza circulară a părților discului este foarte mare, viteza mică imprimată de dumneavoastră, adunându-se cu viteza circulară mare a punctului, dă o rezultantă foarte apropiată de această viteză circulară și mișcarea titirezului nu suferă aproape nicio modificare. De aici este clar de ce titirezul opune parcă rezistență când încercăm să-l răsturnăm. Cu cât este mai masiv titirezul și cu cât mai repede se rotește el, cu atât mai mult se opune la

răsturnare.

Esența acestei explicații este legată direct de legea inerției.

Fiecare părticică a titirezului efectuează o mișcare circulară într-un plan perpendicular pe axa de rotație. Conform legii inerției, fiecare dintre aceste părticele caută să treacă de pe cerc pe linia de dreaptă tangentă la acesta. Dar toate tangentele sunt plasate în același plan ca și însuși cercul; de aceea fiecare părticică încearcă să se miște astfel încât să rămână tot timpul în planul perpendicular pe axa de rotație. De aici rezultă că toate planele titirezului perpendiculare pe axa de rotație caută să-și păstreze poziția în spațiu și de aceea perpendiculara comună pe ele, adică însăși axa de rotație, caută de asemenea să-și păstreze direcția.

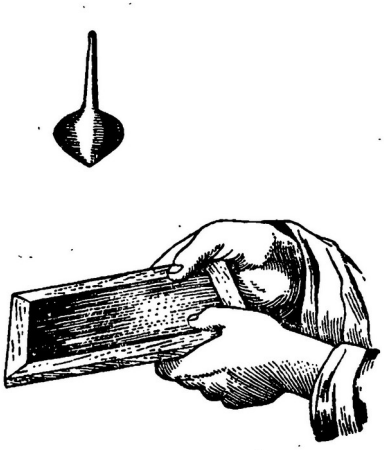


Fig. 27 — Un titirez în mişcare, fiind aruncat în sus, îşi păstrează poziţia iniţială a axului său.

Nu vom analiza toate mișcările titirezului care apar atunci când asupra lui acționează o forță exterioară. Aceasta ar necesita explicații prea amănunțite care s-ar putea să vă plictisească. Am vrut doar să explic cauza tendinței oricărui corp aflat în mișcare de rotație de a-și păstra neschimbată direcția axei sale de rotație.

Tehnica modernă folosește pe scară largă această proprietate. Pe bordul navelor și avioanelor moderne se instalează în prezent diferite aparate giroscopice (bazate pe proprietatea titirezului): busole, stabilizatoare etc. Mișcarea de rotație asigură stabilitatea proiectilelor în timpul zborului și poate fi folosită și pentru asigurarea stabilității proiectilelor cosmice — sateliți și rachete — în deplasarea lor. Iată ce aplicații utile are această jucărie aparent atât de simplă.

ARTA JONGLERILOR

Multe dintre exercițiile uimitoare care fac parte din programul variat al jonglerilor se bazează de asemenea pe proprietatea corpurilor ce se rotesc de a-și păstra direcția axei de rotație. Îmi permit să dau aici un citat din interesanta carte *Titirezul rotitor* a fizicianului englez prof. John Perry.

„Am arătat odată câteva dintre experiențele mele în fața publicului care bea cafea și fuma tutun în superba încă- pere a sălii de concerte

Victoria din Londra. Am încercat să trezesc interesul auditorului meu, în măsura în care puteam s-o fac, și le-am spus că unui inel plan trebuie să i se comunice o mișcare de rotație dacă dorim să-l aruncăm astfel încât să indicăm dinainte unde va cădea el; tot astfel se procedează dacă dorim să-i aruncăm cuiva pălăria astfel încât acesta s-o poată prinde în vârful unui baston. Totdeauna ne putem baza pe rezistența pe care o opune un corp aflat în mișcare de rotație atunci când i se schimbă direcția axei. Apoi am explicat auditorului meu că șlefuind neted țeava tunului nu se poate conta niciodată pe precizia de ochire; de aceea, în prezent se fac tunuri a căror

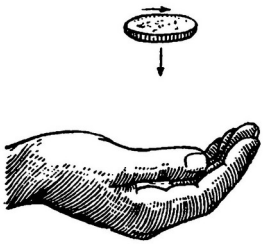


Fig. 28 — Cum zboară o monedă care a fost aruncată în sus, dacă i s-a imprimat o mișcare de rotație.

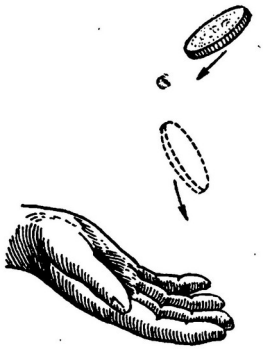


Fig. 29 — Moneda aruncată fără rotație cade într-o poziție întîmplătoare.

țeavă are ghivent, adică se crestează pe suprafața interioară a țevii niște șanțuri în spirală, cu care vin în contact neregularitățile proiectilului, pentru ca acesta din urmă să capete o mișcare de rotație atunci când forța de explozie a pulberii îl silește să se deplaseze de-a lungul țevii. De aceea proiectilul părăsește tunul cu o mișcare de rotație bine determinată.

Aceasta a fost tot ce am putut face în timpul acestei lecții, pentru că nu am abilitatea de jongler la aruncarea pălăriilor sau a discurilor. Dar după ce am terminat lecția pe scenă au apărut doi jongleri și nici nu mi-aș fi putut dori o ilustrare mai bună a legilor menționate mai sus decât cea pe care o prezenta fiecare exercițiu făcut de cei doi

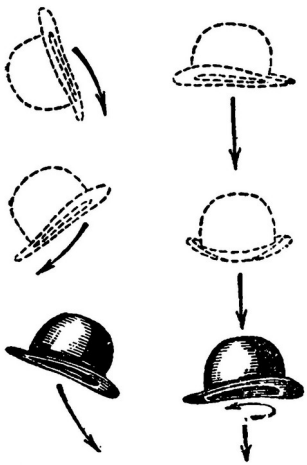


Fig. 30 — Este mai ușor de prins o pălărie aruncată, dacă acesteia i s-a comunicat o mișcare de rotație în jurul axei.

artiști. Ei își aruncau unul altuia pălării, cercuri, farfurii, umbrele rotitoare... Unul dintre jongleri lansa în aer un șir întreg de cuțite, le prindea și iar le arunca în sus cu o mare precizie; auditorul meu, care abia ascultase explicațiile, jubila; spectatorii observau că jonglerii comunicau o mișcare de rotație fiecărui cuțit, aruncându-l astfel incit să poată ști exact poziția în care îl va prinde. Am fost uimit când am observat că aproape toate exercițiile de jonglerie prezentate în acea seară erau o ilustrare a principiului expus mai sus“.

O NOUĂ SOLUȚIE A PROBLEMEI LUI COLUMB

Columb a rezolvat prea simplu cunoscuta sa problemă cu oul: i-a spart coaja [1].

[1] *Trebuie, totuși, să menționăm faptul că legenda populară despre oul lui Columb nu are nicio bază istorică. Cunoscutului navigator i se atribuie un fapt realizat cu mult înainte de o altă persoană și într-o împrejurare cu totul diferită, și anume de-către arhitectul italian Brunelleschi (1377—1446), constructorul uriașei cupole a catedralei din Florența („Cupola mea va fi tot atât de stabilă ca și acest ou pe capătul său ascuțit!“).*

O asemenea soluție este, de fapt, greșită: spărgând coaja, Columb i-a schimbat forma oului și, prin urmare, n-a așezat în poziție verticală oul, ci un alt corp; întreagă esență a problemei este cuprinsă doar în forma oului: schimbându-i forma înlocuim, de fapt, oul cu un alt corp. Deci Columb nu a dat soluția pentru acel corp pentru care fusese ea căutată.

Fig. 31 — Soluția problemei lui Columb: oul se rotește sprijinindu-se pe capătul său ascuțit.

Și, cu toate acestea, problema marelui navigator, poate fi rezolvată fără a schimba câtuși de puțin forma oului dacă folosim proprietatea titirezului; pentru aceasta este suficient doar să imprimăm oului o

mișcare de rotație în jurul axei sale lungi; astfel, el va sta câtva timp fără să se răstoarne pe capătul său mai lat sau chiar pe cel ascuțit. Cum se face acest lucru este arătat în desen; oului i se imprimă mișcarea de rotație cu ajutorul degetelor. Depărtându-vă mâinile veți vedea că oul se învârtește, păstrându-și încă câtva timp poziția verticală: problema este rezolvată.

Pentru experiențe trebuie să se ia neapărat ouă fierte. Aceasta nu încalcă cu nimic condițiile problemei lui Columb: propunând-o, Columb a luat un ou de pe masă, iar la masă presupunem că nu s-au servit ouă crude. Nu credem că veți reuși să faceți să se rotească un ou crud, pentru că, în cazul de față, masa lichidă, din interior constituie o frână. Aceasta este, de altfel, metoda simplă de a deosebi ouăle crude de cele răscoapte, metodă pe care o cunosc mai toate gospodinele.

GREUTATEA „DISPĂRUTĂ“

„Apa nu se varsă dintr-un vas care se rotește; nu se varsă nici chiar atunci când vasul este răsturnat cu fundul în sus, pentru că lucrul acesta este împiedicat de mișcarea de rotație”, scria acum vreo două mii de ani Aristotel. În figura 32 este reprezentată această experiență de efect, care în mod neîndoielnic le este cunoscută multora: rotind suficient de repede gălețica cu apă așa cum se arată în figură, reușiți ca apa să nu se verse nici chiar în acea parte a drumului unde gălețica este răsturnată cu fundul în sus.

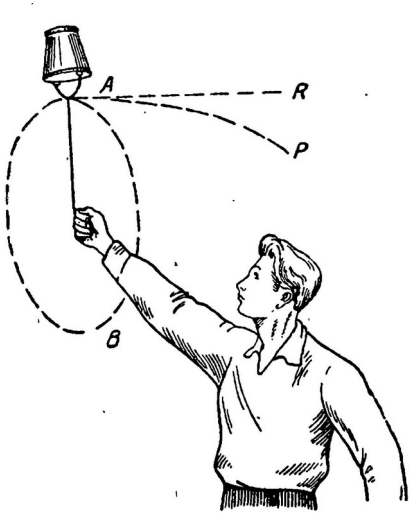


Fig. 32 — De ce nu se varsă apa din găleţica căreia i se imprimă o mişcare de rotaţie.

Se obișnuiește ca fenomenul să se explice prin „forța centrifugă”, înțelegând prin aceasta o forță imaginară care ar fi aplicată corpului și ar determina tendința lui de a se depărta de centrul de rotație. De fapt o asemenea forță nu există: tendința arătată mai sus nu este nimic altceva decât manifestarea inerției, iar orice mișcare prin inerție se realizează fără participarea de forțe. În fizică, prin forța centrifugă se înțelege tocmai acea forță reală cu care un corp în rotație întinde firul care-l susține sau cu care presează pe traiectoria sa curbilinie. Această forță nu este aplicată la însuși corpul în mișcare, ci la obstacolul care-l

împiedică să se deplaseze rectiliniu: la fir, la șine, pe porțiunea curbă a drumului etc.

Întorcându-ne la rotirea vasului cu apă, să încercăm să analizăm cauza acestui fenomen fără a recurge la noțiunea de „forță centrifugă”. Să ne punem întrebarea: încotro se va îndrepta jetul de apă dacă am face o gaură în peretele vasului? Dacă n-ar exista forța de gravitație, datorită inerției jetul de apă s-ar îndrepta după tangenta AK la cercul AB (fig. 32). Gravitația forțează însă jetul să coboare și să, descrie o curbă (parabola AP). Dacă viteza circulară este destul de mare, atunci curba se va plasa în afara cercului AB. Jetul ne indică drumul pe care s-ar fi deplasat apa la rotirea găleții dacă nu ar fi fost împiedicată de vasul care o apasă. Este clar acum că apă nu caută de loc să se miște vertical în jos și de aceea nici nu se varsă din găletică. Ea s-ar putea vărsa doar în cazul când găletică ar fi îndreptată cu gura în sensul ei de rotire.

Calculați acum cu ce viteză trebuie rotită în această experiență găleata pentru ca apa să nu curgă din ea în jos Această viteză trebuie să aibă o asemenea valoare, încât accelerația centripetă a vasului aflat în mișcare de rotație să nu fie mai mică decât accelerația gravitației: atunci drumul pe care tinde să se miște apa se va situa în afara cercului descris de găletică și apa nu se va desprinde de vas. Formula pentru calculul accelerației centripete W este următoarea

$$W = \frac{v^2}{R}$$

unde v este viteza circulară, iar R raza drumului circular. Deoarece accelerația gravitației la suprafața globului terestru este g = 9,8 m/s^2, avem inegalitatea

$$\frac{v^2}{R} \geq 9{,}8$$

Dacă presupunem R = 70 cm, atunci $\frac{v^2}{0{,}7} \geq 9{,}8$ şi $v \geq \sqrt{0{,}7 \times 9{,}8}$; $v \geq 2{,}6\ m/s$

Se calculează ușor că pentru obținerea unei astfel de viteze circulare trebuie să efectuăm cu mâna aproximativ o rotație și jumătate pe secundă. Această viteză de rotație este pe deplin realizabilă și

experiența reușește fără prea mare trudă. Proprietatea lichidului de a adera la pereții vasului, în care el se rotește în jurul unei axe orizontale, este folosită în tehnică pentru așa-numita turnare centrifugă. Aici are o importanță esențială faptul că un lichid neomogen se stratifică după greutatea specifică: părțile componente mai grele se plasează mai departe de axa de rotație, iar cele mai ușoare se plasează mai aproape de aceasta. De aceea toate gazele conținute în metalul topit și care formează așa-numitele „sufluri" în topitură se separă din metal în partea interioară, goală, a piesei turnate. Produsele astfel fabricate sunt compacte și lipsite de sufluri. Centrifugarea este mai ieftină decât turnarea obișnuită sub presiune și nu necesită instalații complicate.

SUNTEȚI ÎN ROLUL LUI GALILEI

Pentru amatorii de senzații tari se organizează uneori o distracție originală, așa-numitul „leagăn al diavolului". Un astfel de leagăn a existat și la Leningrad. Eu nu m-am dat niciodată în el, de aceea dau aici descrierea făcută într-o culegere de distracții științifice:

„Leagănul este suspendat de o traversă orizontală rezistentă, așezată în încăpere la o anumită înălțime deasupra podelii. Când toți și-au ocupat locurile, un îngrijitor special angajat încuie ușa de acces, înlătură scândura care a servit la intrare și, declarându-le vizitatorilor că le va oferi îndată posibilitatea de a face o călătorie în aer, începe să miște ușor leagănul. Apoi ia loc și el în spatele leagănului sau chiar iese din sală.

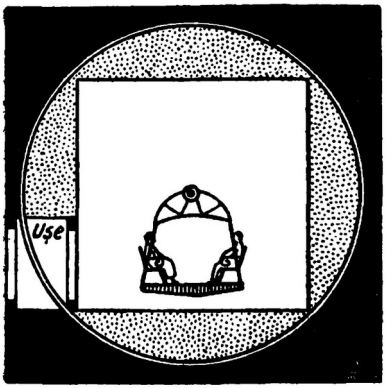


Fig. 33 — Schema „leagănului diavolului".

Între timp amplitudinea mișcării leagănului crește din ce în ce mai mult; leagănul atinge înălțimea traversei, apoi o depășește, se înalță tot mai mult și, în sfârșit, descrie un cerc complet. Mișcarea se accelerează tot mai mult și persoanele din leagăn, deși în majoritatea cazurilor prevenite, au senzația certă de legănat și de deplasare rapidă; li se pare că zboară cu capul în jos în spațiu „astfel încât involuntar își crispează degetele de speteaza scaunului pentru a nu cădea...

...Dar iată că mișcarea încetinește, leagănul nu se mai înalță până la traversă, iar peste încă câteva secunde se oprește definitiv...

...În realitate însă, leagănul a rămas tot timpul nemișcat, de la începutul până la sfârșitul experienței; camera a fost cea care, cu ajutorul unui mecanism simplu, s-a rotit în jurul axei sale orizontale. Mobila din încăpere este fixată pe podea sau pereți, lampa este astfel sudată de masă încât aparent se poate răsturna cu ușurință și este formată dintr-un bec electric acoperit cu un abajur. Slujitorul care a dat un impuls ușor leagănului s-a prefăcut doar că-i face vânt. Totul este astfel amenajat, încât să contribuie la succesul deplin al acestei iluzii".

După cum vedeți, secretul iluziei este ridicol de simplu. Și totuși acum, chiar cunoscând secretul „leagănului diavolului", v-ați lăsa înșelați dacă v-ați trezi; așezați în acest leagăn. Iată cât de mare este forța iluziei!

Printre pasagerii leagănului care nu-i cunosc secretul, ați fi fost un fel de Galileo, dar pe dos: Galileo demonstra că Soarele și stelele sunt imobile și, contrar aparențelor, cei care ne mișcăm suntem noi înșine; dumneavoastră însă veți demonstra că nemișcați rămânem noi, iar camera întreagă se învârtește în jurul nostru. Este posibil că în acest caz ați avea de suferit și dumneavoastră soarta lui Galileo: ați fi privit ca un om care contestă lucruri evidente...

ÎN DISCUȚIE CU DUMNEAVOASTRĂ

Nu va fi chiar așa de ușor, după cum vi se pare, să demonstrați că aveți dreptate. Imaginați-vă că v-ați instalat într-adevăr în „leagănul diavolului" și că vreți să vă convingeți vecinii că ei sunt induși în eroare. Vă propun să purtați această discuție cu mine. Să ne instalăm în „leagănul diavolului" și să așteptăm momentul în care va începe să descrie, aparent, cercuri complete și... să începem discuția: ce se învârtește: leagănul sau camera întreagă? Vă rog doar ca în timpul acestei discuții să nu părăsiți nicio clipă leagănul: vom lua cu noi din timp tot ce ne trebuie.

Dumneavoastră. Cum vă puteți îndoi de faptul că noi suntem imobili și că se rotește încăperea?! Dacă leagănul nostru ar fi cu adevărat răsturnat cu fundul în sus, atunci noi nu am rămâne suspendați cu capul în jos, ci am cădea din leagăn. Dar, după cum vedeți, nu cădem. Prin urmare, nu se învârtește leagănul, ci camera.

Eu. Dar amintiți-vă că apa nu curge din căldarea care se învârtește repede, deși aceasta din urmă revine mereu în poziție răsturnată. Nu cade nici biciclistul care efectuează „bucla diavolului" (vezi mai departe, pag. 67), deși merge cu capul în jos.

Dumneavoastră. Dacă este așa, atunci să calculăm forța centrifugă și vom vedea dacă ea este suficientă pentru ca noi să nu cădem din

leagăn. Cunoscând distanța de la noi la axa de rotație și numărul de rotații pe secundă, vom determina cu ușurință, folosind formula…

Eu. Nu vă osteniți să calculați. Știind despre această discuție dintre noi, organizatorii „leagănului diavolului” m-au prevenit că numărul de rotații va fi pe deplin suficient pentru ca fenomenul să poată avea explicația dată de mine. Prin urmare, calculele sunt de prisos în discuția noastră.

Dumneavoastră. Și, totuși, nu mi-am pierdut speranța de a vă schimba părerea. Vedeți că apa nu se varsă din acest pahar… Da, dar și acum veți invoca experiența cu găleata. Ei bine, țin în mână un fir de plumb care este mereu îndreptat spre picioarele noastre, adică în jos. Dacă ne-am învârti noi și nu camera, atunci firul de plumb ar fi mereu îndreptat spre podea, deci când spre capetele noastre, când în lături.

Eu. Vă înșelați: dacă ne învârtim cu o viteză suficientă, atunci firul de plumb trebuie să se îndepărteze de axă de-a lungul razei de rotație, adică spre picioarele noastre, după cum și observăm.

FINALUL DISCUȚIEI NOASTRE

Permiteți-mi acum să vă arăt cum puteți ieși victorios din aceasta discuție. Trebuie să luați cu dumneavoastră în „leagănul diavolului” o balanță cu arc, să așezați pe taler o greutate, de exemplu un kilogram și să urmăriți indicațiile săgeții: ea va indica mereu aceeași greutate, adică 1 kg. Aceasta demonstrează în mod evident faptul că leagănul este imobil.

Într-adevăr, dacă am fi descris, împreună cu balanța cu arc, cercuri în jurul axei, atunci asupra greutății, în afară de forța de gravitație, ar fi acționat și efectul centrifug, care în punctele inferioare ale drumului, ar fi crescut greutatea, micșorând–o în punctele de sus; am fi observat că greutatea noastră când devine mai mare, când cântărește foarte puțin. Dar dacă nu se constată acest fenomen, atunci înseamnă că se rotește camera și nu noi.

ÎN SFERA „VRĂJITĂ“

Un antreprenor din America a amenajat pentru distracția publicului un carusel nostim și instructiv sub forma unei camere sferice rotitoare. În interiorul ei oamenii aveau senzații atât de neobișnuite, cum sunt posibile doar numai în vis sau într-o poveste fantastică.

Să ne amintim întâi ce simte un om care stă în picioare pe o platformă rotundă care se rotește repede.

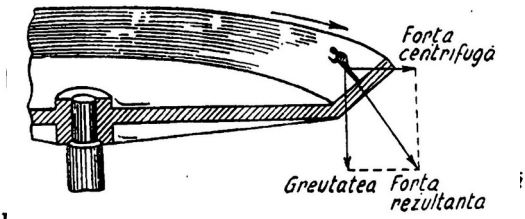


Fig. 35 — Omul are o poziție stabilă pe marginea înclinată a platformei rotitoare.

Mișcarea de rotație tinde să-l arunce în afară; cu cât mai departe de centru se află omul, cu atât mai mult se va pleca și va fi împins spre exterior. Dacă va închide ochii, i se va părea că nu se află pe o podea orizontală, ci pe un plan înclinat pe care se menține cu greu în echilibru. Veți înțelege cu ușurință aceasta când vom examina ce forțe acționează în această situație asupra corpului omului nostru (fig. 34). Mișcarea de rotație îi antrenează corpul spre exterior, greutatea îl trage în jos; ambele mișcări, adunându-se după regula paralelogramului, dau o acțiune rezultantă, care este înclinată în jos. Cu cât se rotește mai repede platforma, cu atât această mișcare rezultantă este mai mare și mai înclinată.

Imaginați-vă acum că marginea platformei este ridicată și că omul stă în picioare pe această margine înclinată (fig.35). Dacă platforma este nemișcată, atunci nu va reuși să se mențină în această poziție, ci va luneca jos sau chiar va cădea.

Altfel stau lucrurile dacă platforma se rotește; atunci, la o anumită viteză, acest plan devine pentru omul nostru ca o suprafață orizontală, deoarece rezultanta celor două mișcări care îl antrenează formează un unghi drept cu partea îndoită a platformei[1].

[1] Prin aceasta se explică de fapt de ce, acolo unde calea ferată face o curbă, șina exterioară se așază mai sus decât cea interioară, precum și cauza din care pista pentru cicliști și motocicliști se face înclinată spre interior și de ce acrobații profesioniști pot merge pe pereții mult înclinați ai puțurilor circulare.

Dacă platforma rotitoare este realizată cu o astfel de curbură încât la o anumită viteză suprafața ei să fie în fiecare punct perpendiculară pe rezultantă, atunci omul aflat pe ea se va simți, în oricare din punctele ei, ca și cum s-ar afla pe o suprafață orizontală. Prin calcule matematice s-a stabilit că o astfel de suprafață curbă este suprafața unui anumit corp geometric al paraboloidului. Ea se poate obține rotind repede în jurul axei verticale un pahar pe jumătate umplut cu apă: atunci apa se ridică la margini și coboară la mijloc, luând forma unui paraboloid.

Dacă în locul, apei se toarnă în pahar ceară topită și rotația continuă până la răcirea cerii, atunci suprafața ei solidificată ne dă imaginea exactă a paraboloidului. La o anumită viteză de rotație, pentru corpurile grele o astfel de suprafață este ca și una orizontală: o bilă așezată în orice punct al ei nu se rostogolește în jos, ci rămâne la același nivel (fig. 36).

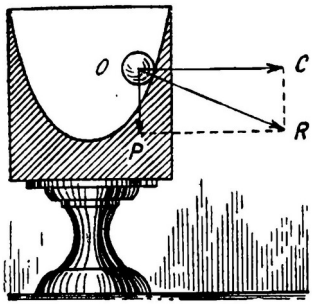


Fig. 36 — Dacă această cupă este rotită cu o viteză suficientă, atunci bila nu va cădea la fund.

Acum va fi ușor de înțeles construcția sferei „vrăjite”. Fundul ei (fig. 37) este format dintr-o platformă mare rotitoare, care are forma unui paraboloid. Deși, datorită unui mecanism ascuns sub platformă, mișcarea de rotație ce i se imprimă este foarte lină, totuși oamenii de pe platformă ar ameți, dacă obiectele de pe ea nu s-ar deplasa o dată cu ei; pentru a nu-i da posibilitate observatorului de a constata mișcarea, platforma rotitoare se așază în interiorul unei sfere mari cu pereți opaci, care se rotește cu aceeași viteză că și platforma.

Aceasta este construcția caruselului denumit sfera „vrăjită” (sau „fermecată”). Ce simte persoana instalată pe platforma din interiorul sferei? Când ea se rotește, atunci podeaua de sub picioarele sale este orizontală, oricare ar fi punctul de pe suprafața curbă a platformei în care s-ar afla persoana respectivă: lângă ax, unde podeaua este într-adevăr orizontală, sau la margine, unde ea este înclinată cu 45°. Ochii văd clar curbura, dar senzațiile musculare îi indică faptul că se află pe o suprafață plană. Aceste două senzații sunt într-o puternică contradicție. Dacă va trece de la o margine a platformei la alta, atunci i se va părea că întreaga sferă imensă s-a răsturnat cu ușurința unui balon de săpun pe partea cealaltă sub influența greutății corpului său: aceasta pentru că în fiecare punct al platformei persoana se simte ca pe un plan orizontal. Iar poziția celorlalți oameni, care stau înclinat pe platformă, îi va apărea ca o poziție cu totul neobișnuită: i se va părea că oamenii umblă, ca mușteleș, pe pereți (fig. 38).

Apa vărsată pe podeaua sferei vrăjite s-ar răspândi într-un strat subțire pe întreaga sa suprafață curbă. Oamenilor li s-ar părea că apa stă în fața lor ca un perete înclinat.

Noțiunile obișnuite despre legile gravitației sunt parcă desființate în această sferă „fermecată” și suntem transportați în lumea minunată a poveștilor...

Asemenea senzații are și aviatorul când avionul său ia o curbă. Dacă

zboară cu viteza de 200 km pe oră după o direcție curbă cu raza de 500 m, atunci Pământul trebuie să i se pară[1] ridicat și înclinat cu 16°.

[1] *Vezi Mecanica distractivă, cap 5.*

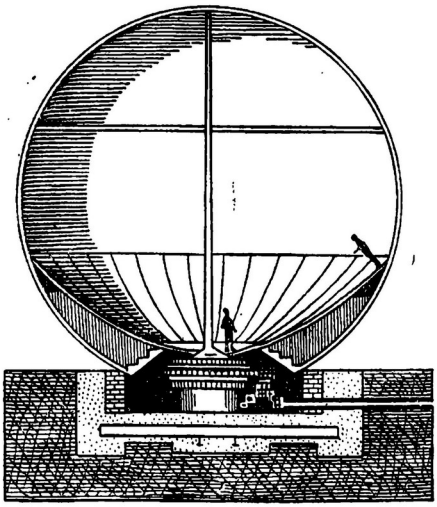


Fig. 37 — Sfera „vrăjită“ (în secțiune).

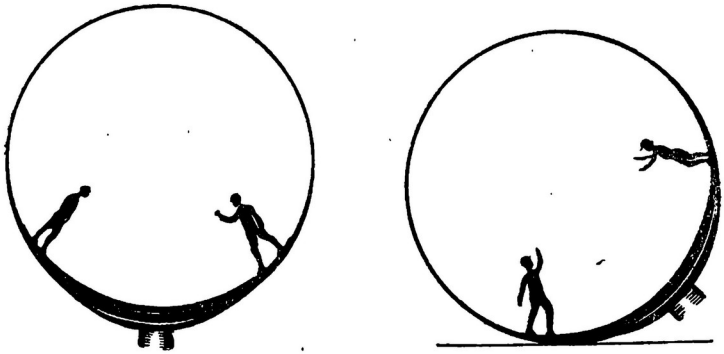


Fig. 38 — Care este poziția reală a oamenilor în interiorul sferei „vrăjite“ (stînga) și ce i se pare (dreapta) fiecăreia dintre cele două persoane.

În Germania, în orașul Göttingen, a fost construit un asemenea laborator rotitor pentru cercetări științifice. Laboratorul este conceput (fig. 39) ca o cameră cilindrică cu diametrul de 3 m, care se rotește cu o viteză până la 30 de ture pe secundă, Deoarece podeaua camerei este

plană, observatorului aflat lângă pereți în timpul rotației i se pare că întreaga cameră s-a lăsat pe spate, iar el este culcat pe peretele oblic (fig. 40).

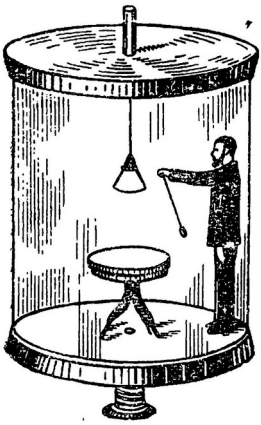


Fig. 39 — Laboratorul rotitor — poziția reală.

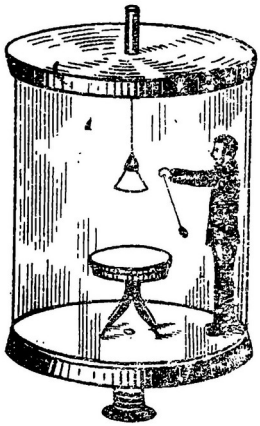


Fig. 40 — Poziția aparentă a aceluiași laborator rotitor.

TELESCOPUL LICHID

Forma cea mai bună pentru oglinda unui telescop de reflexie este cea parabolică, adică tocmai forma pe care o ia de la sine suprafața lichidului dintr-un vas care se rotește.

Constructorii de telescoape depun multă muncă pentru realizarea unor oglinzi care să aibă această formă. Confecționarea unei oglinzi de telescop durează ani întregi. Fizicianul american Wood a evitat aceste greutăți, realizând o oglindă lichidă: rotind mercur într-un vas larg, el a obținut o suprafață parabolică ideală, care putea servi drept oglindă, deoarece mercurul reflectă bine razele de lumină. În figura 41 este reprezentat telescopul lui Wood (telescopul a fost instalat într-o fântână nu prea adâncă). Se vede instalația de transmisie care pune în rotație vasul cu mercur și imaginea feței lui Wood. Defectul acestui telescop constă în faptul că la cel mai mic șoc suprafața oglinzii lichide se tulbură, deformând imaginea. Cu toate că această idee era foarte atrăgătoare prin simplitatea ei, telescopul cu mercur al lui Wood nu și-a găsit aplicare. Nici autorul însuși și nici fizicienii contemporani lui nu priveau cu seriozitate acest aparat original. Iată, de exemplu, ce a scris Webster, conducătorul secției de fizică a uneia dintre universitățile americane:

„Ding-dong răsună
El e-n fântână.
Ce-a luat Wood cu el?
O albie cu mercur.
Și ce-a ieșit din asta?
N-a ieșit aproape nimic"

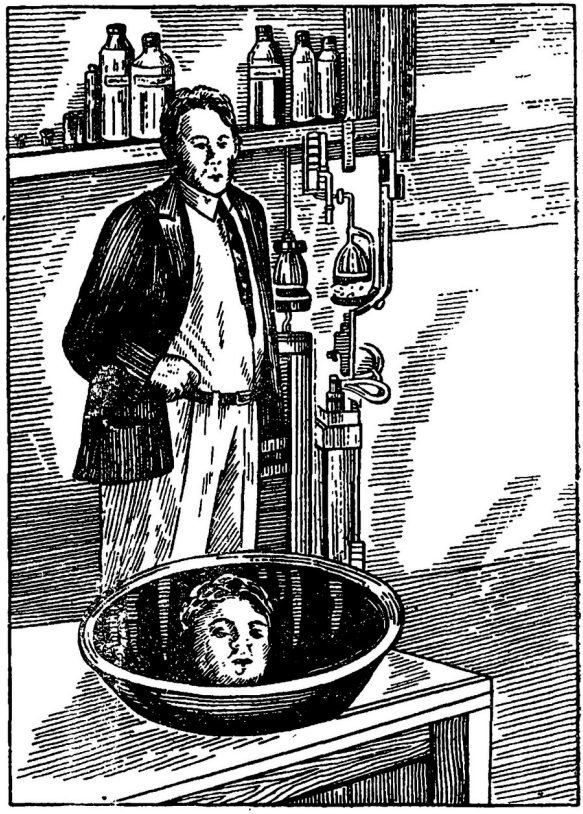


Fig. 41 — Oglinda de telescop lichidă.

„BUCLA DIAVOLULUI“

Poate cunoașteți trucul amețitor cu bicicleta, executat uneori prin circuri: biciclistul pedalează pe o buclă de jos în sus și descrie un cerc complet, cu toate că partea de sus a cercului o parcurge cu capul în jos. Pe arenă se instalează o pistă de lemn sub forma unei bucle cu una sau

mai multe spire, așa cum este reprezentat în figura 42. Acrobatul coboară cu bicicleta pe partea înclinată a buclei, se avântă apoi în sus pe curbură, descrie un cerc complet, parcurgând o parte din drum cu capul în jos și coboară apoi cu bine pe pământ[1].

[1] *Bucla diavolului a fost descoperită în 1902 în același timp de doi, artiști de circ: Diavolo (Johnson) și Mephisto (Noisette) (n.a.).*

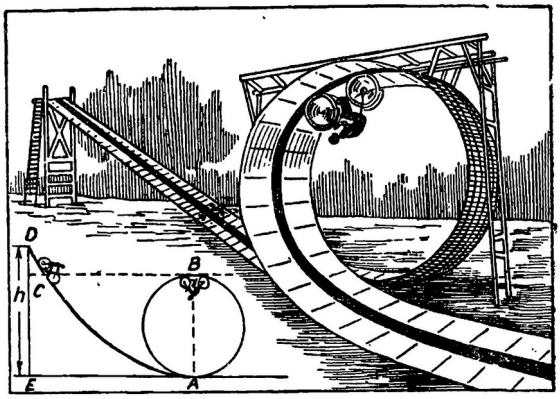


Fig. 42 — „Bucla diavolului". Stînga jos — schema pentru calcule

Acest număr amețitor le apare spectatorilor drept o culme a artei cicliste. Publicul uimit se întreabă cu nedumerire: ce forță misterioasă îl menține pe acest cutezător cu capul în jos? Cei mai bănuitori sunt gata să creadă că este vorba despre o înșelătorie abilă, în timp ce în realitate nu e nimic supranatural în acest truc. El se bazează în întregime pe legile mecanicii. O bilă de biliard lansată pe această pistă ar parcurge același drum cu același succes. În cabinetele școlare de fizică există bucle ale diavolului în miniatură.

Cunoscutul executant și inventator al acestui truc, artistul Mephisto, folosea pentru încercarea rezistenței buclei diavolului o sferă grea a cărei greutate era egală cu cea a artistului împreună cu bicicleta lui. Această sferă era lansată pe pista buclei și, dacă o parcurgea cu bine, atunci artistul se hotăra s-o parcurgă și el.

Desigur că cititorul își dă seama de faptul că acest fenomen straniu are aceeași cauză ca și binecunoscuta experiență cu gălețica. Pentru a parcurge cu bine zona periculoasă din partea de sus a buclei, ciclistul trebuie să ia o viteză suficient de mare. Această viteză este determinată de înălțimea la care își începe mișcarea artistul, iar viteza

minimă admisibilă depinde de raza buclei. De aici se înțelege că trucul nu reușește totdeauna; este necesar să se calculeze precis înălțimea de la care ciclistul trebuie să-și înceapă mișcarea: în caz contrar trucul se încheie cu un accident.

MATEMATICA ÎN CIRC

Știu că un șir de formule „neînsuflețite” îi sperie pe unii amatori de fizică. Renunțând însă la cunoașterea laturii matematice a fenomenelor, acești adversari ai matematicii se lipsesc de plăcerea de a prevedea din vreme desfășurarea evenimentelor și de a determina condițiile lor. De exemplu, în cazul de față, două-trei formule ne vor ajuta să determinăm cu precizie în ce condiții este posibilă efectuarea cu succes a unui truc atât de uimitor ca o cursă de-a lungul buclei diavolului.

Să trecem deci la calcule.

Notăm cu litere mărimile care vor intra în calcule: cu litera h notăm înălțimea de la care pornește ciclistul;

— cu litera x acea parte a înălțimii h care depășește punctul cel mai înalt al „buclei”; din figura 42 rezultă că x = h – AB;

— cu litera r raza cercului buclei;

— cu litera m masa totală a artistului împreună cu bicicleta; atunci greutatea lor va fi mg, unde eu litera g s-a notat accelerația forței de gravitație terestre; după cum se știe, ea este egală cu 9,8 în pe secundă;

— cu litera v viteza bicicletei în momentul când ea atinge punctul cel mai înalt al cercului.

Toate aceste mărimi pot fi corelate folosind două ecuații. În primul rând, știm din mecanică că viteza pe care o capătă bicicleta în momentul când, parcurgând traseul înclinat, se află în C la nivelul punctului B (această poziție este reprezentată în partea de jos a figurii 42), este egală cu viteza pe care o are ea în partea de sus a buclei, în punctul B. Prima viteză este dată de formula[1] $v=\sqrt{2gx}$ sau $v^2 = 2gx$. Prin urmare, și viteza v a ciclistului în punctul B este egală cu $\sqrt{2gx}$, adică $v^2 = 2gx$.

[1] *Aici neglijăm energia jantelor de la roțile bicicletei; influența acestei neglijări asupra rezultatului calculelor este mică.*

Mai departe, pentru ca ciclistul atingând punctul cel mai de sus al traseului, să nu cadă, este necesar (vezi pag. 57) ca accelerația centripetă care se dezvoltă să fie mai mare decât accelerația

gravitației, adică trebuie ca $\frac{v^2}{r} > g$ sau $v^2 > gr$. Dar noi știm deja că $v^2 = 2gx$; prin urmare $2gx > gr$ sau $x > \frac{r}{2}$.

Am aflat deci că pentru succesul acestui număr este necesar ca *bucla diavolului* să fie astfel amenajată, încât înălțimea părții înclinate a drumului să depășească punctul cei mai înalt al buclei cu peste 1/2 din raza ei. Panta acestui drum nu contează; este necesar doar ca punctul din care începe să coboare ciclistul să se înalțe deasupra vârfului buclei cu peste 1/4 din diametrul ei. La aceste calcule nu s-a ținut seama de influența forței de frecare din bicicletă: se consideră că viteza în punctul C este egală cu cea din punctul B. De aceea drumul nu trebuie lungit prea mult și panta nu trebuie să fie prea lină. În cazul pantei de coborâre line, datorită forței de frecare a bicicletei, viteza acesteia în punctul B va fi mai mică decât în C. Dacă, de exemplu, bucla are un diametru de 16 m, atunci acrobatul trebuie să coboare de îa o înălțime de cel puțin 20 m. Dacă această condiție nu este îndeplinită, atunci niciun fel de artă nu-l va ajuta să parcurgă bucla diavolului: el va cădea fără a mai atinge punctul superior al buclei.

Trebuie să menționăm că la efectuarea acestui număr ciclistul merge fără lanț, lăsându-și mașina sub influența forței de gravitație: el nu poate și nici nu trebuie să încetinească sau să-și accelereze mișcarea. Întreaga lui artă constă în aceea de a căuta să se găsească mereu pe mijlocul pistei sale de scânduri; la orice deviere, el riscă să se depărteze de acest mijloc și să fie aruncat într-o parte. Viteza de mișcare pe cerc este mare: în cazul unui cerc cu diametrul de 16 m, ciclistul parcurge o spiră în 3 secunde. Aceasta corespunde unei viteze de 60 km pe oră! Conducerea bicicletei la o astfel de viteză cere desigur multă abilitate; dar nici nu este necesar acest lucru: ne putem baza cu curaj pe legile mecanicii. „Trucul cu bicicleta în sine – citim într-o broșură alcătuită de un profesionist – nu este periculos dacă calculele au fost bine făcute și dacă rezistența instalației este suficientă. Pericolul trucului stă în artist însuși. Dacă mâna lui va tresări, dacă el va fi emoționat, își va pierde stăpânirea de sine, dacă i se face rău pe neașteptate, atunci se poate aștepta la orice“.

Pe aceeași lege se bazează binecunoscutul **nod mort** și alte figuri ale pilotajului de înaltă școală. În nodul mort rolul principal îl are „avântul“ luat de pilot pe curbă și conducerea iscusită a avionului.

LIPSA LA CÂNTAR

Un glumeț oarecare a declarat odată că el cunoaște o metodă de a da lipsă la cântar fără nicio înșelăciune. Secretul constă în a cumpăra mărfurile în țările ecuatoriale și a le vinde în regiunea polară. Se știe de mult că în apropierea ecuatorului obiectele au o greutate mai mică decât în apropierea polilor; 1 kg transportat de la ecuator la pol crește în greutate cu 5 g. Dar trebuie folosită în locul balanței obișnuite una cu arc și, pe lângă aceasta, construită (gradată) la ecuator; în caz contrar nu se va obține niciun avantaj: marfa devine mai grea, dar cu tot atât crește și greutatea unităților de măsură folosite.

Nu cred că un astfel de comerț poate îmbogăți pe cineva, dar, în esență, glumețul are dreptate: forța de gravitație crește într-adevăr o dată cu depărtarea de ecuator. Aceasta pentru că la ecuator corpurile descriu, o dată cu rotația Pământului, cercurile cele mai mari, precum și pentru că globul pământesc este parcă umflat la ecuator.

Partea cea mai mare a lipsei la cântar se datorește rotației Pământului; ea reduce greutatea corpului în apropierea ecuatorului cu 1/290 față de greutatea aceluiași corp la poli.

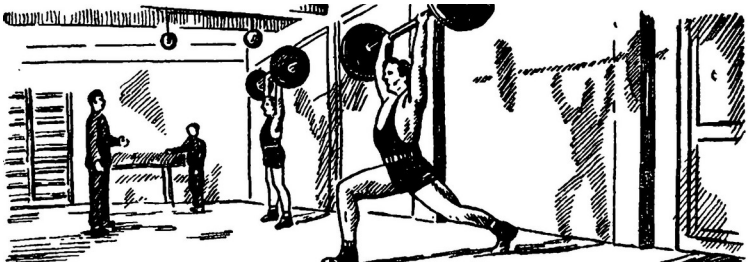
Diferența de greutate la transportul corpului de la o latitudine la alta este neglijabilă pentru corpurile ușoare. Dar pentru obiectele grele ea poate atinge o valoare destul de mare. De exemplu, dumneavoastră nici nu bănuiți că locomotiva care la Moscova avea 60 de tone, devine, odată sosită la Arhanghelsk, cu 60 kg mai grea, iar la Odesa tot cu atâtea mai ușoară. La timpul său, de pe insula Spitzberg se exportau spre porturile mai sudice până la 300 000 tone de cărbune. Dacă această cantitate ar fi fost transportată într-un oarecare port ecuatorial, acolo s-ar fi descoperit o lipsă de 1200 tone de dacă marfa ar fi fost cântărită cu o balanță cu arc confecționată la Spitzberg. Nava de linie care a avut la Arhanghelsk 20 000 de tone devine în apele ecuatoriale mai ușoară cu vreo 20 de tone, dar aceasta rămâne neobservată, pentru că devin, respectiv, mai ușoare și toate celelalte corpuri, fără a excepta, desigur, chiar apa oceanului[1].

[1] *De altfel, de aceea în apele ecuatoriale nava se cufundă tot atât de mult ca și în cele polare; deși ea devine mai ușoară, tot cu atât mai ușoară devine și apa dislocată de ea (n.a.).*

Dacă globul pământesc s-ar roti în jurul axei sale mai repede decât acum, de exemplu dacă ziua nu ar dura 24 de ore, ci, să zicem, 4 ore, atunci diferența dintre greutatea corpurilor la ecuator și la poli ar fi mult mai mare. Dacă ziua și noaptea ar dura 4 ore, atunci, de exemplu, un corp care la poli cântărește 1 kg la ecuator nu ar cântări decât 875 g. Aproximativ acestea sunt condițiile gravitației pe Saturn: în apropierea polilor acestei planete, toate corpurile sunt cu 1/6 mal grele decât la

ecuator.

Deoarece accelerația centripetă crește proporțional cu pătratul vitezei, nu este greu de calculat la ce viteză de rotație ea trebuie să devină la ecuatorul terestru de 290 de ori mai mare, adică egală cu forța de gravitație. Aceasta va avea loc la o viteză de 17 ori mai mare decât cea actuală (17 X 17 = aproape 290). În această situație, corpurile vor înceta să mai exercite presiune pe suporturile lor. Cu alte cuvinte, dacă Pământul s-ar roti de 17 ori mai repede, la ecuator obiectele nu ar avea nicio greutate! Pe Saturn aceasta s-ar întâmpla la o viteză de rotație de două ori și jumătate mai mare decât cea actuală.



Capitolul 4

ATRACȚIA UNIVERSALĂ

ESTE MARE FORȚA DE ATRACȚIE?

„Dacă nu am observa în fiecare minut căderea corpurilor, ea ar fi pentru noi fenomenul cel mai uimitor”, scria cunoscutul astronom francez Arago. Obișnuința face ca atracția tuturor obiectelor de pe pământ de către Pământ să ni se pară un fenomen firesc și obișnuit. Dar când ni se spune că obiectele se atrag reciproc unele pe celelalte, nu suntem dispuși să credem acest lucru, pentru că în viață cotidiană nu observăm nimic asemănător.

Într-adevăr, de ce legea atracției universale nu se manifestă în permanență în jurul nostru în ambianța obișnuită? De ce nu vedem cum se atrag între ele mesele, pepenii, oamenii? Deoarece pentru obiectele mici forța de atracție este foarte mică. Voi da un exemplu. Doi oameni aflați la o distanță de 2 metri unul de altul se atrag reciproc, dar forța acestei atracții este foarte mică: pentru oamenii cu greutate mijlocie, cu mai puțin de 1/100 de miligrame. Aceasta înseamnă că doi oameni se atrag reciproc cu aceeași forță cu care un corp de 1/100 000 de grame apasă pe talerul balanței; numai o balanță extrem de sensibilă, folosită în laboratoare științifice, poate marca o greutate atât de mică. Este firesc că o astfel de forță să nu ne poată urni din loc, acest lucru este împiedicat de frecarea tălpilor noastre de podea. De exemplu, pentru a ne mișca pe o podea de scânduri (forța de frecare a tălpilor de podea este egală cu 30% din greutatea corpului) este necesară o forță de cel puțin 20 kg. Este ridicol chiar să comparăm această forță cu forța neînsemnată a atracției: o sutime de miligram. Miligramul este a mia parte dintr-un gram, iar gramul este a mia parte dintr-un kilogram; prin urmare 0,01 mg constituie o jumătate dintr-o miliardime din forța necesară pentru a ne deplasa din loc! Este deci de mirare că în condițiile obișnuite nu observăm nicio manifestare a atracției reciproce

a corpurilor terestre?

Altfel ar sta lucrurile dacă nu ar exista frecarea; atunci nimic n-ar opri ca cea mai slabă atracție să provoace apropierea corpurilor. Dar la o forță de 0,01 mg rapiditatea acestei apropieri între oameni trebuie să fie neglijabilă. Se poate calcula că, în lipsa frecării, doi oameni aflați la distanța de 2 m unul de altul, s-ar fi apropiat în decursul primei ore cu 3 cm, în decursul celei de-a doua ore ei s-ar apropia cu încă 9 cm, în decursul celei de-a treia ore încă cu 15 cm. Mișcarea s-ar accelera mereu, însă cei doi oameni nu s-ar apropia complet decât după cel puțin 5 ore.

Atracția corpurilor terestre poate fi constatată în cazurile când forța de frecare nu servește drept obstacol, adică în cazul corpurilor nemișcate. O greutate suspendată de un fir se află sub acțiunea forței de atracție terestră și de aceea firul are direcție verticală; dar dacă în apropierea greutății se află un oarecare corp masiv, care atrage greutatea, atunci firul deviază puțin de la poziția verticală și capătă direcția rezultantei dintre forța de atracție terestră și forța de atracție a celuilalt corp față de cel foarte slab. O astfel de deviere a verticalei în apropierea unui munte mare a fost observată pentru prima dată în 1775 de către Maskelyne în Scoția; el a comparat direcția verticală dusă din polul cerului înstelat de ambele părți ale aceluiași munte. Ulterior experiențe mai perfecționate privind atracția corpurilor terestre și realizate cu ajutorul unei balanțe de construcție specială au permis să se măsoare cu precizie forța de atracție.

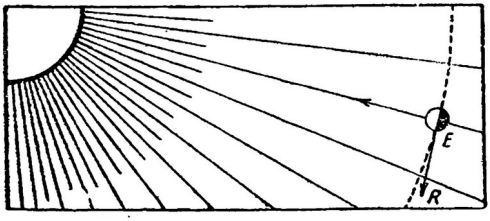


Fig. 43 — Atracția exercitată de Soare face să devieze traiectoria Pământului. Datorită inerției, globul pământesc tinde să se deplaseze pe tangenta *ER*.

Forța de atracție între mase mici este neglijabilă. O dată cu creșterea maselor, ea crește proporțional cu produsul acestora. Dar mulți sunt înclinați să supraaprecieze această forță. Un savant – este drept, nu un fizician, ci un zoolog – a căutat să mă convingă că atracția reciprocă observată adesea între navele maritime este provocată de forța atracției universale. Nu este greu să demonstrăm prin calcule că aici

atracția universală nu are niciun amestec: două nave de linie de 25 000 tone fiecare exercită, la distanță de 100 m între ele, o forță de atracție de numai 400 g. Bineînțeles că această forță este insuficientă pentru a le comunica navelor în apă o mișcare cât de mică. Adevărata cauză a atracției misterioase a navelor o vom explica în capitolul despre proprietățile fluidelor.

Forța de atracție, neglijabilă pentru masele mici, devine apreciabilă când este vorba de uriașele corpuri astrale. Astfel, chiar și Neptun – o planetă foarte îndepărtată de Pământ, care se rotește încet aproape la periferia sistemului solar – ne trimite „salutul" său printr-o atracție cu o forță de de 18 000 000 de tone, exercitată asupra Pământului! Cu toate că de Soare ne desparte o distanță imensă, Pământul rămâne pe orbita sa numai datorită forței de atracție. Dacă forța de atracție solară ar dispărea dintr-o cauză oarecare, atunci Pământul ar zbura de-a lungul unei linii tangente la orbita lui și s-ar pierde pentru totdeauna în profunzimea infinită a spațiului cosmic.

UN CABLU DE OȚEL DE LA PĂMÂNT PÂNĂ LA SOARE

Imaginați-vă că puternica atracție solară a dispărut într-adevăr și Pământul este amenințat să-și ia pentru totdeauna zborul spre deşerturile reci și temerare ale universului. Vă puteți imagina de asemenea – aici este nevoie de o fantezie bogată – că inginerii s-au hotărât să înlocuiască lanțurile invizibile ale forței de atracție cu niște legături materiale, adică s-au hotărât pur și simplu să lege Pământul de Soare cu ajutorul unor cabluri de oțel solide care să mențină globul pământesc pe orbita lui în goana necontenită în jurul Soarelui. Ce poate fi mai indicat decât oțelul, care rezistă la o forță de tracțiune de 100 kg pe fiecare milimetru pătrat? Imaginați-vă un cablu de oțel cu diametrul secțiunii de 5 m. Suprafața acestei secțiuni este de aproape 20 000 000 mm2; prin urmare, un astfel de cablu se rupe doar la o solicitare de 2 000 000 de tone. Mai imaginați-vă că acest cablu se înalță de la Pământ până la Soare, legând între ei cei doi aștri. Știți dumneavoastră câte cabluri de acest fel ar fi necesare pentru a menține Pământul pe orbita lui? Un milion de milioane! Pentru a ne imagina mai bine această pădure de cabluri de oțel care ar împânzi toate continentele și oceanele, mai adaug că, în cazul distribuției lor uniforme pe întreaga jumătate a globului îndreptată spre Soare, intervalul dintre două cabluri ar depăși doar cu puțin diametrul cablurilor înseși. Imaginați-vă acum forța necesară pentru a rupe această pădure imensă de cabluri de oțel și vă veți forma o idee despre imensitatea forței invizibile de atracție dintre Pământ și Soare.

Iar întreaga forță uriașă despre care am vorbit mai sus se manifestă doar prin curbarea traiectoriei pe care se deplasează Pământul, forțându-l pe acesta să devieze de la tangentă în fiecare secundă cu 3 mm; tocmai din această cauză drumul planetei noastre se transformă într-un drum închis, elipsoidal. Nu este oare straniu? Pentru a devia drumul Pământului în fiecare secundă cu 3 mm, adică cu înălțimea acestui rând, este necesară o forță atât de uriașă! Aceasta arată doar cât de mare este masa globului pământesc dacă chiar și o forță atât de mare nu-i poate comunica decât o deplasare atât de mică.

NE PUTEM FERI DE GRAVITAȚIE?

Adineauri ne-am lăsat fantezia să plăsmuiască imaginea unui Pământ care și-a pierdut legătura cu Soarele: eliberându-se de lanțurile invizibile ale forței de atracție, Pământul s-ar fi cufundat în oceanul infinit al universului. Să ne lăsăm acum fantezia să zboare pe un alt făgaș: ce s-ar întâmpla cu toate obiectele de pe Pământ dacă n-ar mai exista gravitația? În acest caz, nimic nu le-ar lega de planeta noastră și, la cel mai mic șoc, ele și-ar lua zborul plecând în spațiul interplanetar. De altfel n-ar fi nevoie de niciun șoc; însăși mișcarea planetei noastre ar arunca în spațiu tot ce nu este trainic legat de suprafața ei.

Scriitorul englez H. Wells a folosit o astfel de idee pentru a descrie într-un roman o călătorie fantastică pe Lună. În această carte (*Primii oameni în Lună*), spiritualul romancier a imaginat o metodă foarte originală de a călători de pe o planetă pe alta, și anume: un savant, eroul romanului său, a inventat o substanță specială care are proprietatea neobișnuită de a fi impermeabilă față de forța gravitației. Dacă un strat din această substanță se așterne sub un corp oarecare, acesta este eliberat de atracția Pământului și suferă atracția celorlalte corpuri. Wells a denumit această substanță fantastică „cavorit“, după numele inventatorului ei, Cavor.

„Toate substanțele cunoscute – scrie romancierul – sunt însă «transparente» pentru gravitație. Se pot folosi diferite paravane pentru a întrerupe lumina, căldură, influența electrică a Soarelui sau căldura Pământului; obiectele pot fi izolate prin foi de metal de acțiunea razelor lui Marconi, dar nimic nu va putea intercepta forța de gravitație a Soarelui sau a Pământului. Și totuși fenomenul nu poate fi explicat cu ușurință. Cavor credea că poate exista o asemenea substanță, și bineînțeles că eu nu puteam să-i contrazic”[1].

— „Utilizările practice ale invenției lui Cavor păreau nelimitate; în orice direcție încercam s-o aplic, provoca adevărate revoluții. Dacă, de exemplu, cineva dorea să ridice o greutate oricât de mare, nu avea

decât să-i așeze dedesubt o foaie din această substanță și ar fi ridicat-o după aceea cu un simplu pai“[2].

Posedând o astfel de substanță minunată, eroii romanului construiesc o navă astrală care le servește pentru efectuarea călătoriei lor în Lună. Construcția proiectilului este foarte simplă: în el nu există niciun mecanism motor, pentru că el se deplasează sub acțiunea forței de atracție a aștrilor.

Iată descrierea acestui proiectil fantastic.

„Imaginați-vă o sferă suficient de mare pentru a cuprinde doi oameni și bagajul lor. O sferă construită din oțel căptușită cu sticlă groasă, conținând o rezervă de aer solidificat, hrană concentrată, apă, un aparat de distilat și tot ce-ar mai fi nevoie, și smălțuită, ca să spun așa, pe partea exterioară cu...

— Cavorită?

— Da.

...Sfera interioară, de sticlă, din care aerul nu poate ieși, va fi continuă, cu excepția deschizăturii de la intrare; sfera de oțel însă poate fi alcătuită din secțiuni, fiecare putând să se strângă ca o jaluzea. Ele pot fi lesne acționate din niște arcuri, deschise și închise prin curentul electric transmis prin niște fire de platină implantate în sticlă. Toate acestea sunt simple probleme de amănunt. Vezi deci că, în afară de grosimea rulourilor, exteriorul de cavorită al sferei va fi împărțit în ferestre sau obloane, cum vrei să le numești; ei bine, când toate ferestrele sau obloanele vor fi închise, nici lumina, nici căldura, nici gravitația, niciun fel de energie radiantă nu va intra în interiorul sferei; după cum spuneai, ea va zbura prin spațiu în linie dreaptă. Dar deschide o fereastră... Închipuie-ți că una din ferestre este deschisă! Atunci orice corp greu s-ar întâmpla să fie în direcția sferei o va atrage"[3].

[1] H. Wells, Omul invizibil. Primii oameni în Lunăt București, Edîî. Pentru literatură, 1966, p. 215 (n. T.).

[2] Ibidem, p. 217 (n. T.).

[3] Ibidem t>. 231—232 (n. T.).

CUM AU ZBURAT SPRE LUNĂ EROII LUI WELLS

Interesantă este în roman descrierea momentului în care proiectilul interplanetar își ia zborul. Un strat subțire de „cavorită“, care acoperă suprafața lui exterioară, îl face să devină complet imponderabil. Vă veți da seama că un corp imponderabil nu poate rămâne nemișcat pe fundul oceanului aerian; trebuie să i se întâmple același lucru care i s-ar

întâmpla unui dop cufundat într-un lac: dopul s-ar ridica imediat la suprafața apei. Tot astfel, proiectilul imponderabil – aruncat de altfel și de inerția rotației globului pământesc – trebuie să se înalțe rapid și, atingând limita superioară a atmosferei, își continuă liber drumul în spațiul cosmic. Astfel și-au luat zborul eroii romanului. Ajungând în spațiul cosmic și deschizând sau închizând anumite supape, supunând proiectilul când atracției solare, când celei terestre, când celei lunare, ei au reușit să aselenizeze. Mai târziu, unul dintre călători s-a înapoiat pe Pământ cu ajutorul aceluiași proiectil.

Nu ne vom opri aici asupra analizei ideii lui Wells în esența ei (lucrul acesta l-am făcut în altă parte[1], unde am arătat inconsistența ei). Dar să-l credem o clipă pe romancierul inventiv și să-i urmăm pe eroi în Lună.

O JUMĂTATE DE ORĂ ÎN LUNĂ

Să vedem cum se simțeau eroii lui Wells când s-au trezit într-o lume unde forța de gravitație este mai slabă, mai mică decât pe Pământ.

Iată aceste pagini[2] interesante din romanul *Primii oameni în Lună*. Povestirea se face la persoana întâi, în numele unuia dintre pământenii sosiți în acea clipă pe Lună.

[1] *Călătorii interplanetare.*
[2] *Fragmentul este citat cu prescurtări neesențiale.*

„Am îngenuncheat și apoi m-am așezat pe marginea deschizăturii, privind afară. Dedesubt, la un metru în fața mea, strălucea zăpada lunară, neatinsă de niciun picior.

Am tăcut un răstimp, privindu-ne.

— Nu te dor plămânii? zise Cavor.

— Nu, i-am răspuns, e suportabil..

A luat pătura, și-a trecut capul prin gaura din mijloc, înfășurându-și-o bine în jurul corpului. S-a așezat pe marginea deschizăturii, și-a lăsat picioarele să atârne, până când au ajuns la câțiva centimetri de zăpada lunară. A stat o clipă în cumpănă, apoi și-a dat drumul de la această distanță pe solul neumblat al Lunii. A făcut câțiva pași, și imaginea lui, văzută prin sticla sferei, era de-a dreptul grotescă. S-a oprit o clipă, privind în jur. Apoi și-a luat avânt și a sărit.

Sticla deforma totul, dar mi s-a părut că, oricum, saltul era extrem de mare. Dintr-o singură săritură se îndepărtase cu douăzeci sau treizeci de picioare. Ajunsese undeva sus, pe o masă stâncoasă, și gesticula către mine. Poate că striga, dar nu auzeam nimic. Cum naiba făcuse acest salt? Parcă fusesem martorul unei scamatorii.

Încă nedumerit, am trecut și eu prin deschizătură, apoi m-am ridicat în picioare. Chiar în fața mea zăpada se topise și se formase un fel de șanț. Am făcut un pas și mi-am luat avânt.

M-am trezit zburând prin aer, am văzut că stânca pe care ședea Cavor îmi venea în întâmpinare; m-am apucat de muchiile stâncii și am rămas așa, complet buimăcit. Fără să vreau, am scos un hohot penibil de râs. Eram teribil de zăpăcit. Cavor s-a aplecat, strigându-mi cu un glas șuierat să fiu atent. Uitasem că pe Lună, care are a opta parte din masă și un sfert din diametrul Pământului, greutatea mea se redusese la a șasea parte. Acum fusesem obligat să-mi amintesc.

— Suntem eliberați din lanțurile mamei noastre, Pământul, zise Cavor.

Calculându-mi efortul, m-am cățărat până în vârful stâncii și mișcându-mă la fel de atent ca un reumatic, am ajuns lângă Cavor sub lumina puternică a Soarelui. Sfera rămăsese în urma noastră, la treizeci de picioare depărtare, pe grămada de zăpadă, care se micșora mereu…

— Privește! am strigat, întorcându-mă. Dar Cavor dispăruse. O clipă am rămas stupefiat. Apoi am făcut un pas grăbit, să privesc peste marginea stâncii. Dar, surprins de această dispariție, am uitat încă o dată că eram pe Lună. Mișcarea m-ar fi făcut să înaintez pe Pământ cam cu un metru; pe Lună m-a dus la șase metri – cu cinci metri mai departe de marginea stâncii. În primul moment mi s-a părut că trăiesc senzația acelor coșmaruri când te prăbușești la nesfârșit. Căci, dacă pe Pământ cazi în prima secundă șaisprezece metri, pe Lună cazi doar doi și numai cu a șasea parte din greutate. Cred că am căzut sau mai curând am sărit în jos vreo zece metri. A durat mult, poate cinci sau șase secunde. Am plutit prin aer și am căzut ca o pană, cufundându-mă până la genunchi într-o grămadă de zăpadă, lângă un perete de stâncă albastră-cenușie cu vine albe. Am privit în jur.

— Cavor! am strigat, dar nu se vedea nici urmă de Cavor. Cavor! am strigat eu mai tare, dar mi-a răspuns numai ecoul. M-am întors furios și m-am cățărat până în vârful stâncii. Cavor! strigam eu într-una; strigam cu glasul unui miel rătăcit.

Nu se mai zărea nici sfera, și pentru o clipă o senzație insuportabilă de dezolare mi-a strâns inima. Apoi l-am văzut. Râdea și gesticula ca să-mi atragă atenția. Era pe o stâncă lucie la douăzeci sau treizeci de metri depărtare. Nu puteam să-i aud glasul, dar gesturile lui mă îndemnau să sar. Am ezitat, deoarece distanța mi se părea enormă. Apoi m-am gândit că eram în stare să sar mai mult decât Cavor.

M-am dat cu un pas înapoi, mi-am făcut vânt și am sărit cu toată puterea. Mi s-a părut că zbor prin aer și că nu voi mai coborî niciodată.

Zborul era halucinant și în același timp plăcut, tot atât de ciudat ca

într-un coșmar. Mi-am dat seama că sărisemcu prea mult avânt. Am trecut pe deasupra lui Cavor… “[1].

[1] *Idem, p. 268—272 (n. T.).*

ÎN LUNĂ

Episodul de mai jos, luat din povestirea *În Lună* a cunoscutului povestitor sovietic K.E. Țiolkovski, ne va ajuta să înțelegem condițiile de mișcare sub acțiunea forței gravitației. Pe Pământ, atmosfera, frânând mișcarea corpurilor prin ea, ne împiedică să ne dăm seama limpede despre legile simple ale căderii, complicându-le cu condiții suplimentare. Luna nu are de loc atmosferă. Ea ar fi un minunat laborator pentru studiul căderii corpurilor dacă ne-am putea instala acolo pentru cercetări științifice.

Referindu-ne la episodul în cauză, vom explica mai întâi că cele două personaje din fragmentul de mai jos se află în Lună și că vor să studieze zborul unui glonț ieșit din țeava unei arme.

„— Dar praful de pușcă va produce explozie?

În vid substanțele explozive au un efect și mai mare decât în aer, care opune rezistență la dilatarea lor; în ceea ce privește oxigenul, explozivele nu au nevoie de el, pentru că îl cuprind în ele însele în cantitatea necesară.

— Să așezăm pușca vertical pentru a putea găsi glonțul prin apropiere…

O detunătură slabă[1], o ușoară zguduitură a solului.

[1] *Sunetul transmis prin sol și corpuri omenești, și nu prin aerul care lipsește în Lună.*

— Dar cartușul unde e? El trebuie să se afle prin apropiere.

— A zburat împreună cu glonțul și nu cred că va rămâne în urma lui, pentru că pe Pământ numai atmosfera îl împiedică să urmeze glonțul; aici însă, chiar și un fulg cade și se înalță cu aceeași iuțeală ca și piatra. Ia tu un fulg din pernă, iar eu voi lua o bilă din fontă. Poți lansa fulgul tău și poți lovi cu el ținta aleasă tot atât de bine ca mine, cu toate că eu mă folosesc de o bilă metalică. Dacă bila mea nu este grea, o pot arunca la o distanță de 400 de metri; tu îți poți arunca pana la aceeași distanță. Ce e drept, nu vei putea ucide pe nimeni cu ea și nici nu vei simți că arunci ceva. Hai să facem încercarea: ne lansăm proiectilele cu toată forța de care dispunem, alegând aceeași țintă… De exemplu, granitul acela roșu…

Pana i-o luă puțin înainte bilei de fontă, purtată parcă de un vânt

puternic.

— Dar ce-i asta? Au trecut trei minute de când am tras cu pușca și glontele nu-i!

— Cred că peste vreo două minute va reveni.

Într-adevăr, după scurgerea acestui interval de timp am simțit o ușoară trepidare a solului și am zărit în apropiere cartușul care sărea ca o minge.

— Ce mult timp a zburat glonțul! La ce înălțime a zburat oare?

— La vreo șaptezeci de kilometri. Este înălțimea atinsă de un obiect ușor în lipsa rezistenței aerului".

Să verificăm. Dacă luăm pentru viteza glonțului în momentul lansării din țeava armei cifra relativ modestă de 500 m/s (în cazul armelor moderne, această cifră este de o dată și jumătate ori mai mică decât cea reală), atunci înălțimea de înălțare pe Pământ în lipsa atmosferei ar fi

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{500^2}{2} x10 = 12500\,m$$

adică 12 km și jumătate. În Lună însă, unde intensitatea atracției este de șase ori mai mică, în loc de *g* trebuie să se ia 10/6; înălțimea atinsă de glonț trebuie să fie:

12 500 X 6 = 75 km.

ÎNTR-UN PUȚ FĂRĂ FUND

Deocamdată se știe prea puțin despre ceea ce se petrece în profunzimile planetei noastre. Unii presupun că sub crusta tare, la o grosime de o sută kilometri, se află o masă lichidă incandescentă; alții consideră că întregul glob pământesc este solidificat până în centru. Această problemă este greu de rezolvat. Dacă s-ar putea face un puț care să străbată Pământul de la un capăt la celălalt de-a lungul diametrului său, atunci aceste probleme s-ar rezolva. Tehnica modernă este însă departe de posibilitatea de a realiza astfel de performanțe, deși toate puțurile de foraj săpate în scoarța Pământului, puse cap la cap ar depăși diametrul planetei noastre.

Încă în secolul al XVIII-lea, matematicianul Maupertuis și filosoful Voltaire visau la realizarea unui tunel prin globul pământesc. Spre același proiect, ce este drept la o scară mai redusă, s-a îndreptat și astronomul francez Flammarion; reproducem aici un desen luat din articolul său consacrat acestei teme (fig. 44).

Desigur că deocamdată nu s-a făcut încă nimic asemănător, dar vom folosi puțul transversal imaginar pentru a rezolva o problemă interesantă. Cum credeți, ce vi s-ar întâmpla dacă ați cădea într-un astfel de puț fără fund (să uităm un timp de rezistența aerului)? Să vă frângeți oasele lovindu-vă de fund nu se poate, fiindcă puțul este fără fund; dar unde vă veți opri?

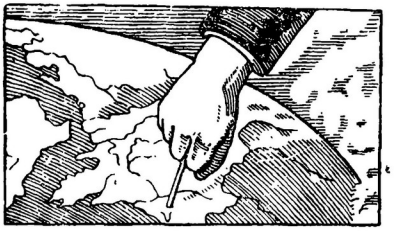


Fig. 44 — Dacă globul pământesc ar fi sfredelit de-a lungul diametrului său...

În centrul Pământului? Nu.

Când veți ajunge în centru, corpul dumneavoastră vă căpăta o viteză atât de mare (circa 8 km/s), încât nu poate fi vorba despre oprire în acest punct. Veți continua să zburați mai departe, încetinindu-vă treptat mișcarea până la marginile capătului opus al puțului. Aici trebuie să vă apucați cu nădejde de margini; în caz contrar veți parcurge din nou puțul de la un capăt la celălalt. Dacă nici acum nu reușiți să vă cramponați de ceva, veți cădea din nou în puț, făcând calea-ntoarsă și așa fără sfârșit. Mecanica ne învață că în aceste condiții (repet, numai dacă neglijăm rezistența aerului în puț) corpul se va deplasa necontenit dus și întors [1].

[1] Dacă însă se fine seama de rezistența aerului, atunci mișcarea va încetini treptat și, până la urmă, omul se va opri în centrul pământului.

Care ar fi durata unei astfel de curse? S-ar constata că această cursă dus-întors ar dura 84 de minute și 24 de secunde, adică o oră și jumătate.

„Așa s-ar întâmpla – continuă N. Flammarion – dacă puțul ar fi săpat de-a lungul axei de la un pol la celălalt. Dar este suficient să transferăm punctul de pornire la o altă latitudine — în Europa, Asia sau Africa – și va trebui să ținem seama de influența rotației Pământului. Se știe că fiecare punct al suprafeței Pământului parcurge la ecuator 465 m/s, iar la latitudinea Parisului 300 m/s. Deoarece viteza circulară crește o dată cu depărtarea de axa de rotație, atunci o bilă de plumb, de exemplu, aruncată într-un puț nu cade pe verticală, ci deviază puțin spre răsărit. Dacă săpăm un puț fără fund la

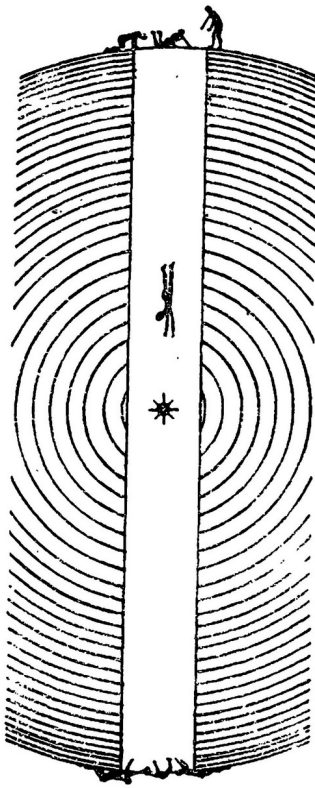


Fig. 45 — Căzînd în puțul săpat prin centrul globului pământesc, corpul îl va străbate, fără oprire, de la un capăt la celălalt, efectuînd drumul dus-întors într-o oră și 24 minute.

ecuator, atunci sau lățimea lui trebuie să fie foarte mare, sau el trebuie să fie foarte înclinat, deoarece corpul care cade de la suprafața Pământului s-ar deplasa mult spre răsărit față de centru.

Dacă gura de intrare a puțului s-ar afla pe unul dintre dealurile Americii de Sud, să presupunem. La o înălțime de 2 km, iar capătul opus al tunelului ar fi situat la nivelul oceanului, atunci omul, care ar cădea din imprudență în gura din partea americană, ar ajunge la capătul opus cu o asemenea viteză încât ar zbura din tunel la o distanță de 2 km.

Iar dacă ambele capete ale puțului s-ar afla la nivelul oceanului, atunci omului i s-ar putea întinde mâna în momentul apariției lui la gura puțului, când viteza zborului este egală cu zero.

În cazul precedent ar fi trebuit, dimpotrivă, să ne ferim din drumul unui călător atât de grăbit".

UN DRUM CA ÎN POVESTE

La Petersburg a apărut odată o broșură cu un titlu straniu: *Un tren subteran autopropulsat între Petersburg și Moscova. Roman fantastic, deocamdată în trei capitole, dar și acelea neterminate*. Autorul acestei broșuri, A.A. Rodnîh, propune un proiect original, interesant de cunoscut pentru amatorii de paradoxuri fizice.

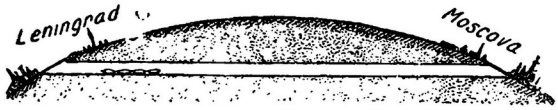


Fig. 46 — Dacă s-ar săpa un tunel între Leningrad și Moscova, atunci trenurile ar goni prin el înainte și înapoi datorită propriei lor greutăți, fără locomotivă.

Proiectul constă „în săparea unui tunel de 600 km care trebuie să lege ambele noastre capitale printr-o linie subterană absolut dreaptă. Astfel omul ar avea pentru prima dată posibilitatea de a călători în linie dreaptă, părăsind drumurile curbe cum a fost până acum“ (autorul vrea să spună că toate drumurile noastre sunt arcuite datorită curburii globului pământesc. În timp ce tunelul proiectat ar fi săpat de-a lungul coardei).

Un astfel de tunel, dacă ar fi putut fi săpat, ar fi avut o proprietate excepțională pe care nu o are niciun drum din lume. Ea constă în faptul că orice vehicul trebuie să se deplaseze de la sine într-un astfel de tunel. Să ne amintim de puțul subteran care ar străpunge globul

pământesc. Tunelul Leningrad – Moscova este același gen de puț, dar săpat de-a lungul coardei și nu de-a lungul diametrului. Este drept, privind figura 46, s-ar părea că, tunelul fiind săpat orizontal, nu există nicio cauză care ar face trenul să se deplaseze prin el datorită forței de gravitație. Dar acestea nu sunt decât aparențe: duceți niște raze imaginare spre capetele tunelului (direcția razei este direcția verticală); veți înțelege atunci că tunelul nu este săpat sub un unghi drept față de verticală, adică nu orizontal, ci înclinat.

Într-un astfel de puț înclinat, orice corp trebuie să oscileze, antrenat de forța gravitației, înainte și înapoi, lipindu-se mereu de fund. Dacă în tunel se instalează șine, atunci vagonul de cale ferată se va deplasa singur pe ele: greutatea lui va înlocui tracțiunea locomotivei. La început trenul se va deplasa foarte încet, apoi cu fiecare secundă viteza trenului autopropulsat va crește; în curând ea va atinge o valoare uriașă, astfel încât aerul din tunel îi va împiedeca deja vizibil mișcarea. Dar să uităm pentru o vreme acest obstacol supărător, care împiedică realizarea multor proiecte ispititoare, și să urmărim trenul mai departe. Ajungând până la mijlocul tunelului, trenul va avea o viteză atât de uriașă – de multe ori mai mare decât proiectilul de tun! —, încât sub impulsul acesteia ar putea ajunge aproape până la capătul opus al tunelului. Dacă nu ar exista frecarea nu ar fi nici acest „aproape”; trenul fără locomotivă ar ajunge singur de la Leningrad la Moscova. După cum arată calculele, durata deplasării spre un capăt este aceeași ca și pentru căderea printr-un tunel, săpat de-a lungul diametrului: 42 de minute și 12 secunde. Într-un mod straniu ea nu depinde de lungimea tunelului; călătoriile prin tunelul Moscova-Leningrad, Moscova-Vladivostok sau Moscova-Melbourne ar dura același timp[1].

[1] Se mai poate demonstra și un alt fapt interesant cu privire la puțul fără fund: durata oscilației nu depinde de dimensiunile planetei, ci numai de densitatea ei.

Același lucru s-ar întâmpla cu orice alt vehicul: drezină, trăsură, automobil etc. Cu adevărat un drum ca-n basme, care, rămânând el însuși nemișcat, face ca toate vehiculele să se deplaseze de la un capăt la celălalt cu o viteză nemaipomenită!

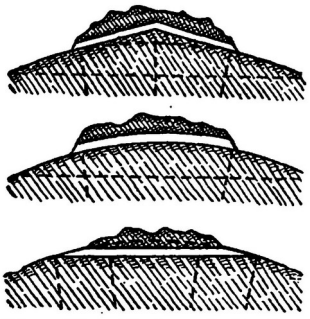


Fig. 47 — Trei metode de a săpa tunelurile în munte.

CUM SE SAPĂ TUNELURILE

Priviți figura 47, care reprezintă trei metode de construire a tunelurilor și spuneți care din ele este săpat orizontal?

Nici cel de sus, nici cel de jos, ci cel din mijloc, în formă de arc, care formează în toate

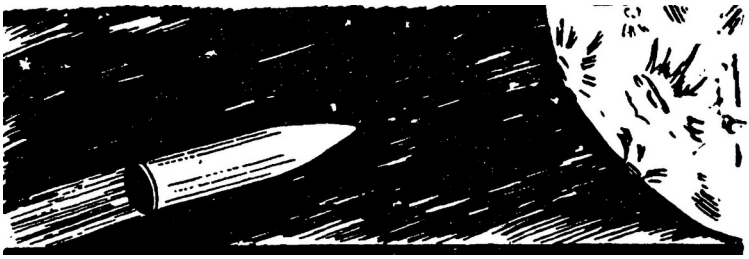
punctele unghiuri drepte cu direcția verticalelor (sau a razelor globului pământesc). Tocmai acesta este tunelul orizontal, curbura lui corespunzând pe deplin curburii suprafeței Pământului.

Tunelurile mari se sapă de obicei așa cum se arată în figura 47, sus, cu linii drepte, tangente la suprafața Pământului în punctele extreme ale tunelului. Tunelul merge întâi puțin în sus, iar apoi în jos. Acest tip de tunel oferă avantajul că apa nu se acumulează în el, ci se scurge singură spre capete.

Dacă tunelul s-ar săpa strict orizontal, atunci un tunel lung ar avea formă de arc. Apa nu ar tinde să se scurgă din el, pentru că în fiecare punct al lui ea s-ar afla în echilibru. Când un astfel de tunel este mai lung de 15 km (de exemplu Simplonul are 20 km), atunci, stând la o ieșire, nu poate fi văzută cealaltă: raza privirii se oprește în tavan, pentru că punctul mijlociu al acestui tunel se înalță cu peste 4 în deasupra capetelor lui.

În sfârșit, dacă se sapă un tunel după linia dreaptă care unește cele două capete ale lui, el va avea la ambele capete o ușoară înclinare în jos spre mijloc. Astfel apa nu se va scurge din el, ci se va acumula la mijloc în partea cea mai joasă, în schimb, stând la un capăt al unui astfel de tunel, se poate vedea celălalt capăt. Figurile alăturate explică cele arătate mai sus.[1]

[1] *Din cele expuse rezultă, de altfel, că toate liniile orizontale sunt curbe; linii orizontale drepte nu pot exista. În schimb, cele verticale nu pot fi decât drepte.*



Capitolul 5

O CĂLĂTORIE ÎN PROIECTILUL DE TUN

În concluzia discuțiilor noastre despre legile mișcării și forța de atracție, să analizăm călătoria fantastică spre Lună descrisă atât de atractiv de Jules Verne în romanele *De la Pământ la Lună* și *Înconjurul Lunii*.

Probabil că dumneavoastră vă amintiți că membrii Clubului tunarilor din Baltimore, condamnați la inactivitate o dată cu terminarea războiului nord-american, au hotărât să confecționeze un tun uriaș, să-l încarce cu un proiectil mare, gol în interior și, îmbarcând în el pasageri, să lanseze acest proiectil-vagon spre Lună.

Oare această idee este fantastică? Și, mai înainte de toate, i se poate comunica corpului o astfel de viteză încât el să părăsească pentru totdeauna suprafața Pământului?

MUNTELE LUI NEWTON

Să-i dăm cuvântul genialului Newton, care a descoperit legea atracției universale. În lucrarea sa *Principiile matematice ale fizicii*, el scrie:

„Sub acțiunea greutății sale, o piatră aruncată deviază de la traiectoria rectilinie și cade pe Pământ, descriind o curbă. Dacă pietrei i se imprimă o viteză mai mare, atunci ea va zbura mai departe; de aceea se poate întâmpla ca ea să descrie un arc de zece, o sută, o mie de mile și, în sfârșit, să iasă din zona Pământului fără să se mai întoarcă vreodată pe suprafața lui., Fie AFB (fig. 48) suprafața Pământului, C centrul lui, iar, UD, UE, UF, UG curbele pe care le descrie un corp aruncat în direcție orizontală din vârful unui munte foarte înalt cu o viteză din ce în ce mai mare. Nu ținem seama aici de rezistența opusă de atmosferă, adică presupunem că lipsește complet. Când viteza inițială este mai mică, corpul descrie curba UD, când viteza este mai

mare curba UE, la viteze și mai mari curbele UF și UG. La o anumită viteză de lansare corpul va ocoli întregul glob pământesc și se va înapoia în vârful muntelui de pe care fusese lansat. Deoarece în momentul înapoierii în punctul inițial viteza corpului nu va fi mai mică decât în momentul lansării, corpul își va continua mișcarea pe aceeași curbă".

Dacă pe acest munte imaginar ar fi existat un tun, atunci proiectilul lansat cu o anumită viteză nu ar mai fi căzut niciodată pe Pământ, ci ar fi început să se rotească fără oprire în jurul globului pământesc. Printr-un calcul destul de simplu[1]

[1] *Vezi Fizica distractivă, voi 1, cap. 2.*

nu este greu de stabilit că aceasta trebuie să aibă loc la o viteză de aproximativ 8 km pe secundă. Cu alte cuvinte, proiectilul lansat de tun cu o viteză de opt kilometri pe secundă părăsește pentru totdeauna suprafața globului terestru și devine satelitul planetei noastre. El va zbura de 17 ori mai repede decât orice punct de la ecuator și va efectua o rotație completă în jurul planetei noastre într-o oră și 24 de minute. Dacă însă proiectilului i se comunică o viteză mai mare, atunci el se va roti în jurul Pământului nu în cerc, ci pe o elipsă mai mult sau mai puțin alungită, depărtându-se de Pământ la o distanță mare. La o viteză inițială și mai mare, proiectilul se desprinde definitiv de planeta noastră și își continuă drumul în spațiul cosmic. Acest lucru are loc pentru o viteză inițială de aproximativ 11 km/s (în toate raționamentele de mai sus se au în vedere proiectilele care se deplasează în vid și nu în aer).

Fig. 48 — Cum trebuie să cadă pietrele aruncate din vîrful unui munte, cu o viteză foarte mare, în direcție orizontală.

Să vedem acum dacă zborul spre Lună se poate efectua prin mijloacele propuse de Jules Verne. Tunurile moderne comunică proiectilului o viteză de cel mult doi kilometri în prima secundă. Aceasta este de cinci ori mai puțin decât viteza cu care corpul poate zbura spre Lună. Eroii romanelor credeau că, dacă ei vor construi un tun uriaș și-l vor încărca cu o cantitate uriașă de explozibil, atunci vor reuși să obțină o viteză suficientă pentru a lansa proiectilul spre Lună.

UN TUN FANTASTIC

Și iată că membrii Clubului tunarilor construiesc un tun uriaș cu lungimea de un sfert de kilometru, îngropat vertical în pământ. Se construiește totodată un proiectil de proporții corespunzătoare, care reprezintă în interior o cabină pentru pasageri. Greutatea lui este de 8 tone. Tunul este încărcat eu piroxilină, care cântărește 160 de tone. În urma exploziei, dacă ar fi să-l credem pe romancier, proiectilului i se imprimă o viteză de 16 km/s, dar, datorită frecării în aer, această viteză se reduce până la 11 km. Astfel, nimerind în spațiul lipsit de atmosferă, proiectilul lui Jules Verne are o viteză suficientă pentru a ajunge în Lună.

Așa este descris în roman. Dar ce ne poate spune fizica?

Proiectilul lui Jules Verne nu este vulnerabil în acea parte a lui care de obicei este pusă la îndoială de cititori. În primul rând se poate demonstra că tunurile cu pulbere nu vor putea comunica niciodată unui proiectil o viteză mai mare decât 3 km/s.

În afară de aceasta, Jules Verne nu a ținut seama de rezistența aerului, care, la o viteză atât de uriașă, trebuie să fie foarte mare, schimbând astfel complet întregul tablou al zborului. Dar mai există și alte obiecții serioase care se opun ideii zborului în Lună efectuat cu ajutorul unui proiectil de artilerie.

Îngrijorarea cea mai mare o produce soarta pasagerilor înșiși. Să nu credeți că pericolul îi pândește în timpul zborului între Pământ și Lună. Dacă ar scăpa cu viață până în momentul când proiectilul ar părăsi gura tunului, ei nu ar mai avea de ce să se teamă în timpul zborului. Viteza uriașă cu care pasagerii ar străbate spațiul cosmic împreună cu vagonul lor este pentru ei tot atât de lipsită de orice pericol ca și viteza, și mai mare, cu care globul pământesc se rotește în jurul Soarelui.

O PĂLĂRIE GREA

Momentul cel mai periculos pentru călătorii noștri l-ar constitui cele câteva sutimi de secundă în timpul cărora cabina-proiectil se deplasează prin țeava tunului. În acest interval de timp atât de mic, viteza cu care pasagerii se vor deplasa în țeava tunului trebuie să crească de la zero până la 16 km/s. Nu degeaba pasagerii din roman așteptau cu atâta înfrigurare clipa când se va trage cu tunul. Și Barbicane avea pe deplin dreptate când afirma că momentul când proiectilul va porni va fi pentru pasageri tot atât de periculos ca și cum ei s-ar afla în fața proiectilului și nu în interiorul lui. Într-adevăr, în momentul tragerii, platforma de jos a cabinei îi va izbi pe pasageri cu

aceeași forță cu care proiectilul ar fi izbit orice corp aflat în calea lui. Eroii romanului au acceptat cu prea mare ușurință acest pericol, închipuindu-și că în cel mai rău caz vor avea de suferit doar un aflux de sânge la cap…

Lucrurile însă se prezintă mult mai grav. În canalul țevii, proiectilul are o mișcare accelerată: viteza lui crește sub presiunea constantă a gazelor care se formează la explozie. În interval de o fracțiune infimă dintr-o secundă, această viteză crește de la zero până la 16 km/s. Pentru simplificare, admitem că accelerarea vitezei este uniformă; atunci accelerația necesară pentru a spori într-un timp atât de scurt viteza proiectilului până la 16 km/s va atinge aici cam 600 km/s într-o secundă (calculele sunt date mai departe).

Noi vom înțelege semnificația tragică a acestei cifre dacă ne vom aminti că accelerația gravitației pe suprafața Pământului este doar de 10 m/s într-o secundă[1] .

[1] *Voi mai adăuga că accelerația unui automobil de curse, care își începe mișcarea rapidă, nu depășește 2—3 m/s într-o secundă, iar accelerația trenului care părăsește lin gara este de 1 m/s într-o secundă.*

De aici rezultă că fiecare obiect din interiorul proiectilului ar exercita în momentul tragerii asupra podelei cabinei o presiune de 60 000 de ori mai mare decât greutatea acestui obiect. Cu alte cuvinte, pasagerii ar simți că au devenit de mii de ori mai grei! Sub acțiunea unei astfel de greutăți imense, ei ar fi fost striviți imediat. Astfel, numai pălăria domnului Barbicane ar cântări în momentul tragerii cel puțin 15 tone (greutatea unui vagon cu încărcătura lui); o astfel de pălărie este mai mult decât suficientă pentru a-l strivi pe posesorul ei.

Este drept că în roman s-au descris măsurile luate pentru a slăbi șocul; proiectilul este prevăzut cu amortizoare cu arc și cu un fund dublu, al cărui spațiu gol este umplut cu apă. Durata șocului este întrucâtva prelungită și, prin urmare, rapiditatea cu care crește viteza este redusă întrucâtva. Dar, ținând seama de forțele uriașe cu care avem de-a face aici, avantajul oferit de aceste dispozitive este mizer. Forța care-l va apăsa pe pasager se va reduce extrem de puțin: nu este indiferent dacă vei fi strivit de o pălărie de 15 tone sau de una de 14 tone?

CUM POATE FI ATENUATĂ ZGUDUITURA?

Mecanica ne arată cum ar putea fi atenuată rapiditatea fatală de creștere a vitezei.

Lucrul acesta poate fi realizat lungind de mai multe ori țeava tunului.

Dar dacă vrem ca în momentul tragerii forța greutății „artificiale” din interiorul proiectilului să fie egală cu greutatea obișnuită de pe globul pământesc, atunci țeava tunului ar trebui lungită foarte mult. Un calcul aproximativ ne arată că în acest caz ar trebui să se construiască un tun de lungimea de... 6 000 km! Cu alte cuvinte, „columbiada” lui Jules Verne ar trebui să se afunde în interiorul globului pământesc chiar până la centrul acestuia... Atunci pasagerii ar fi fost feriți de orice neplăceri: la greutatea lor obișnuită s-ar mai fi adăugat o oarecare greutate aparentă, datorită creșterii încete a vitezei, și ei ar fi simțit că au devenit doar de două ori mai grei.

De altfel, în decursul unui scurt interval de timp organismul uman poate suporta fără pericol o creștere de câteva ori a greutății sale. Când lunecăm de pe un derdeluș în jos și aici schimbăm rapid direcția mișcării noastre, în această scurtă clipă greutatea noastră crește vizibil, adică corpul nostru se sprijină de sanie mai mult decât de obicei. Creșterea greutății de trei ori este suportată de noi cu destulă ușurință. Dacă admitem că omul poate suporta fără pericol într-un interval de timp scurt chiar și o creștere de zece ori a greutății, atunci este suficient să se construiască un tun de o lungime „doar1* de 600 km. Dar nici aceasta nu ne poate consola, pentru că și o astfel de construcție depășește posibilitățile tehnicii.

Iată în ce condiții s-ar realiza imaginar proiectul ispititor propus de Jules Verne: a zbura spre Lună într-un proiectil de tun[1].

[1] Descriind în roman condițiile din interiorul proiectilului de tun aflat în mișcare, Jules Verne a făcut o omisiune importantă, despre care se vorbește în prima carte a Fizicii distractive. Romancierul nu a ținut seama de faptul că, după lansare, în tot timpul zborului obiectele din interiorul proiectilului vor fi absolut imponderabile, pentru că forța de gravitație comunică aceeași accelerație atât proiectilului, cât și tuturor corpurilor din el (vezi de asemenea paragraful Capitolul care lipsește în romanul lui Jules Verne).

PENTRU PRIETENII MATEMATICII

Printre cititorii cărții de față se vor găsi, fără îndoială, unii care ar dori să verifice ei înșiși calculele despre care s-a vorbit mai sus. Dăm mai jos aceste calcule. Ele sunt juste doar cu aproximație, pentru că se bazează pe presupunerea că în țeava tunului proiectilul are o mișcare uniform-accelerată (de fapt însă creșterea vitezei este neuniformă).

Pentru calculele noastre va trebui să folosim următoarele două formule ale mișcării uniform-accelerate:

viteza v după scurgerea secundei t este egală cu at, unde a este accelerația:

$$v = at$$

drumul S, parcurs în t secunde, este dat de formula

$$S = \frac{at^2}{2}$$

Cu ajutorul acestor formule vom determina înainte de toate accelerația proiectilului când el lunecă în țeava „columbiadei“.

Din roman se cunoaște lungimea părții neîncăreate a tunului: 210 m; acesta este drumul S parcurs de proiectil.

Noi cunoaștem și viteza finală v = 16 000 m/s. Cunoscând S și v, putem determina mărimea t, adică timpul de deplasare a proiectilului în țeava tunului (considerând că această mișcare este uniform-accelerată). Într-adevăr,

$$v = at = 16000\,; \quad 210 = S = \frac{at \times t}{2} = \frac{16000\,t}{2} = 8000\,t$$

de unde

Prin urmare, proiectilul ar fi lunecat în interiorul tunului doar 1/40 secunde!

Înlocuind t = 1/40 în formula v = at, avem

16 000 = 1/40 a, de unde a = 640 000 m/s^2.

Prin urmare, în timpul mișcării de-a lungul țevii tunului, accelerația proiectilului este egală cu 640 000 m/s^2, adică este de 64 000 de ori mai mare decât accelerația gravitației. Deci ce lungime ar trebui să aibă tunul pentru ca accelerația proiectilului să fie doar de zece ori mai mare decât accelerația corpului în cădere (adică să fie egală cu 100 m/s^2)?

Aceasta este o problemă inversă celei pe care am rezolvat-o mai sus. Sunt date: a = 100 m/s^2, v= 11 000 m/s (în lipsa rezistenței atmosferice, o astfel de viteză este suficientă).

Din formula v = at, avem: 11 000 = 100 t, iar t = 110s.

Din formula $S = \frac{at^2}{2} = \frac{at \times t}{2}$ aflăm că lungimea tunului trebuie să fie egală cu $\frac{1000 \times 110}{2} = 605000\,m$, adică 605 km.

Prin astfel de calcule s-au obținut cifrele care fac să se năruie planurile mărețe ale eroilor lui Jules Verne[1]

[1] *Toate raționamentele din acest capitol, ca și toate calculele, sunt juste. În practică, problema zborurilor omului în Lună și în alte planete va fi rezolvată, probabil, cu ajutorul rachetelor și suntem convinși de faptul că într-un viitor apropiat cititorul acestei cărți va îi martorul sau poate chiar participantul acestor evenimente remarcabile (n. red. sov.)*

Capitolul 6

PROPRIETĂȚILE GAZELOR ȘI ALE LICHIDELOR

O MARE ÎN CARE NU TE POȚI ÎNECA

O astfel de mare există într-un loc cunoscut din timpurile cele mai vechi. Este vorba despre cunoscuta Mare Moartă din Palestina. Apele ei sunt atât de sărate, încât în ele nu poate trăi nicio vieţuitoare. Clima secetoasă și aridă a Palestinei produce o evaporare puternică a apei de pe suprafața mării. Se evaporă însă numai apa pură, iar sărurile pe care le conține rămân în mare și astfel procentul de sare din apă crește. Iată de ce apele Mării Moarte nu conțin numai 2 sau 3 procente de sare (ca greutate), caracteristice pentru majoritatea mărilor, și oceanelor, ci 25 și chiar mai multe procente; salinitatea crește o dată cu adâncimea. Astfel, un sfert din conținutul Mării Moarte îl constituie sărurile dizolvate în apa ei. Cantitatea totală a sărurilor din apa ei se ridică la 40 000 000 de tone.

Gradul înalt de salinitate a Mării Moarte stă la baza următoarei particularități a acesteia: apa acestei mări este mult mai grea decât apa de mare obișnuită. Într-un astfel de lichid greu nu te poți îneca: corpul omenesc este mai ușor.

Greutatea corpului este mult mai mică decât un volum egal de apă saturată cu sare și, prin urmare, conform legii plutirii, omul nu se poate îneca în Marea Moartă; el se ridică la suprafață, așa cum un ou de găină se ridică la suprafața apei sărate (în timp ce în apa dulce el cade la fund).

Umoristul Mark Twain, care a vizitat acest lac-mare, descrie senzațiile curioase pe care le-a avut el și însoțitorii lui când au făcut baie în apele Mării Moarte:

„Ce baie ciudată! Nu ne putem îneca. Ne putem lungi pe spate, încrucișându-ne mâinile pe piept, astfel încât cea mai mare parte a corpului să rămână sub apă. Putem ridica și capul... Se poate sta culcat

comod pe spate ridicând genunchii până ce ei ating bărbia și cuprinzându-i cu mâinile, însă te răstorni foarte curând, capul fiind mai greu. Te poți așeza și cu capul în jos, astfel încât deasupra apei să-ți apară aproape întregul corp de la mijlocul pieptului până în vârful picioarelor. Această poziție însă este foarte instabilă. Pe spate nu poți înota înaintând mai mult sau mai puțin vizibil, pentru că picioarele ies din apă și poți doar să le respingi reciproc cu călcâiele. Dacă înoți cu fața în jos, te deplasezi înapoi și nu înainte. Calul își menține echilibrul cu atâta greutate, încât nu poate nici înota și nici sta în Marea Moartă; el se culcă imediat pe spate“.

În figura 49 vedeți un om instalat destul de comod pe suprafața Mării Moarte; greutatea specifică mare a apei îi permite în această poziție să citească o carte, apărându-se în același timp cu ajutorul unei umbrele de razele fierbinți ale Soarelui.

Fig. 49 — Un om pe suprafața Mării Moarte (după o fotografie).

Aceleași proprietăți caracterizează și apele Kara-Bugaz-Ghiolului (un golf al Mării Caspice)[1], precum și apele lacului Elton, care conțin 27% săruri.

[1] *Greutatea specifică a apelor Kara-Bugaz-Ghiolului este 1,18.*

Ceva asemănător simt și bolnavii cărora li s-au prescris băi sărate. Dacă salinitatea apei este foarte mare, ca de exemplu, cea a apelor minerale din Staraia Russa, atunci bolnavii trebuie să depună eforturi destul de mari pentru a rămâne la fundul băii. Am auzit cum o femeie căreia i-au fost prescrise aceste băi se plângea indignată că „apa pur și simplu o împingea afară din cadă“. Mi se pare că ea era dispusă să învinuiască chiar de acest lucru administrația băilor.

Gradul salinitate a apelor diferitelor mări variază întrucâtva și, din această cauză, navele se cufundă inegal în apele mărilor. Poate că unii

dintre cititorii noștri au remarcat pe bordul navelor, în apropiere de linia de plutire, așa-numita marcă Lloyd, semnul care arată nivelul liniei de plutire de limită în ape cu densități diferite. De exemplu, marca de bord reprezentată în figura 50 indică nivelul de limită al liniei de plutire:

— În apă dulce (Fresch Water) FW
— În Oceanul Indian (India Summer) IS
— În apă sărată vara (Summer) S
— „ „ „, iarna (Winter) W
— În nordul Oceanului Atlantic iarna (Winter North Atlantic) WNA

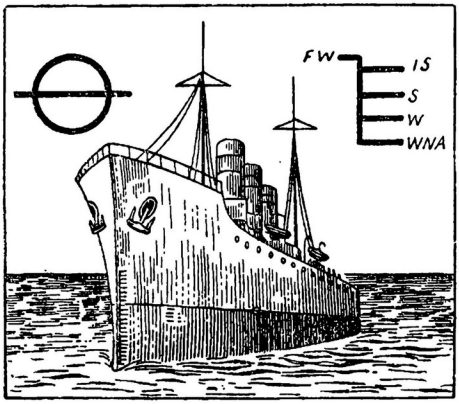


Fig. 50 — Marca de bord liber a navei. Simbolul mărcii se face la nivelul liniei de plutire. Îl arătăm și separat, mărit. Semnificația literelor respective este dată în text.

În încheiere menționăm că există o varietate de apă care și în stare pură, fără niciun fel de amestecuri, este mult mai grea decât cea obișnuită: greutatea ei specifică este 1,1, deci cu 10% mai mare decât de obicei; prin urmare, într-un bazin cu astfel de apă chiar un om care nu știe să înoate s-ar îneca cu greu. Această apă este denumită apă grea, formula ei chimică fiind D_2O (hidrogenul care intră în compoziția ei este format din atomi de două ori mai grei decât atomii hidrogenului obișnuit și se notează cu litera D). Apa grea este dizolvată într-o cantitate foarte mică în apa obișnuită: într-o găleată de apă de băut găsim aproximativ 8 g.

Apa grea de tipul D_2O (sunt posibile 17 varietăți de apă grea cu compoziție diferită) se obține în prezent într-o stare aproape pură: amestecul de apă obișnuită este doar de circa 0,05%. Apa grea este folosită pe scară largă în tehnica atomică, mai ales în reactoarele atomice. Ea se obține în cantități mari din apă obișnuită prin metode industriale.

CUM FUNCȚIONEAZĂ UN SPĂRGĂTOR DE GHEAȚĂ

Făcând baie, nu pierdeți ocazia de a încerca următoarea experiență. Înainte de a ieși din cadă, scoateți dopul din orificiul de evacuare, rămânând culcat în cadă. Pe măsură ce o parte tot mai mare din corpul dumneavoastră va rămâne deasupra apei, veți simți cum corpul vi se îngreunează treptat. Vă veți convinge în felul acesta cu ușurință că greutatea pe care corpul o pierde în apă (amintiți-vă cât de ușor v-ați simțit în apă) apare din nou îndată ce corpul se află în afara acesteia. Când această experiență este făcută fără voie de balena rămasă pe mal în timpul refluxului, rezultatele ei sunt fatale pentru animal; el este strivit de propria sa greutate uriașă. Nu este întâmplător faptul că balenele trăiesc în adâncurile oceanelor.

Forța de împingere a apei le ferește de acțiunea nefastă a forței de gravitație.

Cele spuse mai sus au o legătură directă cu titlul paragrafului de față. Activitatea spărgătorului de gheață se bazează pe același fenomen fizic: partea de navă care depășește nivelul apei încetează de a mai fi echilibrată de acțiunea de împingere a apei și își recapătă greutatea „de uscat“. Nu trebuie să credem că spărgătorul taie gheața din mers, prin presiunea continuă a prorei, prin presiunea etravei. Așa funcționează tăietoarele de gheață și nu spărgătoarele. Un astfel de tăietor de gheață a fost, de exemplu, „Lițke“, binecunoscut în deceniul al patrulea al secolului nostru. Dar această metodă este eficace numai pentru ghețurile cu o grosime destul de mică.

Adevăratele spărgătoare de gheață, cum au fost la timpul lor „Krasin“ și „Ermak“. Și cum este în prezent „Lenin“ (cu motor atomic), funcționează altfel. Cu ajutorul mașinilor sale puternice, spărgătorul de gheață împinge pe suprafața gheții prora, care, în acest scop, este mult înclinată sub apă. Aflată în afara apei, prora navei își recapătă întreaga greutate, și, această greutate uriașă (la „Ermak“ atingea, de exemplu, 800 de tone) sparge gheața. Pentru a intensifica această acțiune, în cisternele de la prora spărgătorului de gheață se mai pompează adesea apă, „lest lichid“.

Așa lucrează spărgătorul de gheață atâta timp cât grosimea gheții nu depășește o jumătate de metru. Ghețurile mai mari sunt sparte prin acțiunea de șoc a navei. Spărgătorul de gheață se retrage și se repede cu întreaga-i masă asupra marginii gheții. În această situație nu mai acționează greutatea, ci energia cinetică a navei aflate în mișcare; nava se transformă într-un fel de proiectil de artilerie cu viteză mică, dar cu o masă uriașă. Coloșii de gheață înalți de câțiva metri sunt sparți prin

energia loviturilor repetate, efectuate de prora rezistentă a spărgătorului de gheață.

Marinarul polar N. Markov, participantul la expediția din 1932, descrie astfel acțiunea acestui spărgător de gheață:

„Printre sute de stânci de gheață, pe câmpia compactă de gheață, „Sibireakov“ și-a început bătălia. 52 de ore în șir acul telegrafului mașinii oscila între înapoi și înainte. „Sibireakov“ se avânta spre inamicu-i de gheață, îl fărâmița, se urca pe coloșii de gheață, îi spărgea și iar se retrăgea. Gheața cu grosimea de trei sferturi de metru ceda cu greu. Cu fiecare lovitură se înainta doar cu o treime din corpul navei“.

UNDE SE AFLĂ NAVELE SCUFUNDATE?

Chiar între marinari este răspândită părerea că vasele scufundate în ocean nu ating fundul lui, ci rămân suspendate la o adâncime oarecare.

De aceeași părere era, pare-se, și autorul cărții *Douăzeci de mii de leghe sub mări*; într-unul din capitolele acestui roman, Jules Verne descrie un vas scufundat, suspendat, nemișcat în apă, iar în altul vorbește despre navele care „putrezesc, suspendate fiind în apă“.

Este oare justă această afirmație?

S-ar părea că ea are o oarecare bază, deoarece într-adevăr la fundul oceanului presiunea atinge valori foarte mari. La o adâncime de 10 m, apa presează cu o forță de 1 kg pe 1 cm^2 de corp cufundat. La adâncimea de 20 m, această presiune este deja de 2 kg, la 100 în de 10 kg, iar la 1 000 în de 100 kg. În unele locuri adâncimea oceanului atinge câțiva kilometri, iar în cele mai adânci regiuni 11 km (groapa Marianelor). Este ușor de calculat ce presiune uriașă trebuie să suporte apa și corpurile cufundate în ea la adâncimi atât de mari.

Dacă cufundăm o sticlă goală înfundată la o adâncime mare și o scoatem apoi, constatăm că presiunea apei a împins dopul înăuntrul sticlei și că aceasta s-a umplut cu apă. Cunoscutul oceanograf John Murray, în cartea sa Oceanul? povestește că a fost efectuată următoarea experiență: trei tuburi de sticlă de dimensiuni diferite și cu ambele capete închise au fost înfășurate în pânză și așezate într-un cilindru de cupru care avea niște deschizături pentru accesul liber ai apei. Cilindrul a fost coborât la o adâncime de 5 km. Când a fost ridicat la suprafață, s-a constatat că pânza este plină de 0 masă asemănătoare zăpezii; erau rămășițele de sticlă spartă. Bucăți de lemn coborâte la o asemenea adâncime se scufundau în apă după scoaterea lor ca niște cărămizi, într-atât de presate erau ele.

S-ar părea firesc să ne așteptăm ca o presiune atât de mare să facă apa atât de densă la adâncimi mari, încât nici obiectele grele să nu se

scufunde în ea, așa cum nu se scufundă o greutate în mercur. Dar o astfel de părere este cu totul neîntemeiată. Experiența ne arată că apa, ca și toate lichidele în general, se supune puțin comprimării. Presată cu o forță de 1 kg pe 1 cm^2 apa nu se comprimă decât cu 1/22 000 din volumul său și cam tot cu atâta la fiecare creștere cu un kilogram a presiunii. Dacă am dori să obținem o astfel de densitate a apei încât fierul să plutească în ea, ar trebui s-o comprimăm de 8 ori. Dar, chiar și numai pentru o reducere de două ori a volumului ei este necesară o presiune de 11 000 kg pe 1 cm2 (pentru a da o idee asupra comprimării care ar avea loc la presiuni atât de mari). Aceasta corespunde unei adâncimi de 110 km sub nivelul oceanului!

De aici rezultă clar că a vorbi despre o compresiune mare a apei în adâncurile oceanelor este cu totul absurd. În locurile cele mai adânci, compresiunea apei nu atinge decât 1 100/ 22 000, adică densitatea ei este doar de 1/20 sau 5% mai mare decât cea normală[1].

[1] Un fizician englez a calculat că, dacă atracția terestră ar înceta dintr-o dată și apa ar deveni imponderabilă, alunei nivelul apei din ocean s-ar ridica în medie cu 35 în (datorită faptului că apa comprimată și-ar recăpăta volumul ei normal). Oceanul ar inunda 5 000 000 km2 de uscat, care-și datorează existența doar compresibilității apelor oceanelor care-l înconjură.

Astfel, ea nu poate influența decât într-o măsură extrem de mică condițiile de plutire a diferitelor corpuri, cu atât mai mult cu cât corpurile solide cufundate într-o astfel de apă sunt supuse și ele aceleiași presiuni și, prin urmare, crește și densitatea lor.

De aceea este neîndoielnic faptul că vasele scufundate zac pe fundul oceanelor. „Tot ce se scufundă într-un pahar cu apă – spune Murray – trebuie să se ducă la fund chiar și în oceanul cel mai adânc“.

Împotriva acestei afirmații am auzit următorul argument. Dacă cufundăm cu grijă în apă un pahar cu fundul în sus, el poate rămâne în această poziție, pentru că va disloca un volum de apă care va cântări tot atât cât și paharul.

Un pahar metalic mai greu se poate menține în această poziție și sub nivelul apei fără a cădea la fund. Tot astfel se poate opri, chipurile, la jumătatea drumului, și un crucișător sau o oarecare altă navă răsturnată cu fundul în sus. Dacă în unele încăperi ale navei se va găsi aer închis ermetic, atunci nava se va cufunda la o anumită adâncime, unde se va și opri. Doar sunt multe nave care se scufundă cu fundul în sus și este posibil ca unele dintre ele să nu mai atingă fundul, rămânând suspendate în adâncurile întunecate ale oceanului. Ar fi suficient un șoc ușor pentru a scoate o astfel de navă din echilibru, pentru a o răsturna și umple cu apă, făcând-o să cadă la fund, dar de

unde să apară șocuri la fundul oceanului, unde este liniște și pace eternă și unde nu pătrunde nici ecoul furtunilor?

Toate argumentele de acest fel se bazează pe o greșeală de fizică. Paharul răsturnat nu se cufundă singur în apă, ci trebuie cufundat în apă cu ajutorul unei forțe exterioare, ca o bucată de lemn sau o sticlă goală astupată. Tot astfel și nava răsturnată nu va începe să se scufunde, ci va rămâne la suprafața apei. Deci ea nu se poate opri la jumătatea drumului dintre suprafața oceanului și fundul acestuia.

CUM S-AU REALIZAT VISURILE LUI JULES VERNE ȘI ALE LUI WELLS?

Submarinele reale din timpurile noastre nu numai că au realizat, sub unele aspecte, visurile fantastice despre „*Nautilus*” al lui Jules Verne, dar le-au și depășit. Este drept că viteza submarinelor moderne este de două ori mai mică decât cea a lui *Nautilus*: 24 de noduri[1] față de 50 la Jules Verne.

[1] *Un nod este egal cu aproximativ 1,8 km pe oră (n.a.).*

Cea mai lungă cursă efectuată de o navă submarină modernă este o călătorie în jurul globului, în timp ce căpitanul Nerno a efectuat o călătorie mult mai lungă. În schimb, „*Nautilus*“ nu avea decât un tonaj de 1 500 de tone, un echipaj format din 20—30 de oameni și putea rămâne neîntrerupt sub apă doar 48 de ore. Crucișătorul submarin „*Surcouf*” construit în 1929, care aparținea flotei franceze, avea un tonaj de 3 200 de tone, un echipaj format din 150 de oameni și putea rămâne sub apă fără a se ridica la suprafață până la 120 de ore[1].

[1] *În condițiile moderne, un submarin prevăzut cu motor atomic oferă omului libertatea de a-și alege drumul în adâncurile puțin cercetate ale mărilor și oceanelor. Rezervele inepuizabile de energie de pe bordul navei submarine îi permit să efectueze curse de lungă durată fără a se ridica la suprafață. Astfel, în 1958 (de la 22 iunie până la 5 august), submarinul american cu motor atomic „Nautilus” a parcurs, cu încărcătură, distanța de la Marea Bering până în Groenlanda, trecând prin regiunea Polului nord (n. red. sov.).*

Acest crucișător submarin și-a putut efectua cursa din porturile Franței până la insula Madagascar fără a intra în vreun port. În ceea ce privește confortul încăperilor locuite, „*Surcouf*” nu este cu nimic mai prejos decât „*Nautilus*”. Afară de aceasta, „S*urcouf*” prezenta față de nava căpitanului Nemo și avantajul incontestabil că pe puntea superioară a crucișătorului era amenajat și un hangar impenetrabil pentru un hidroavion de recunoaștere. Menționăm de asemenea că Jules Verne nu a prevăzut „*Nautilus*“ cu un periscop care să permită

echipajului să cerceteze orizontul de sub apă.

Într-o singură privință doar navele submarine vor rămâne încă multă, vreme în urma creației fanteziei romancierului francez: în ceea ce privește adâncimea de scufundare. Dar trebuie să menționăm că sub acest raport fantezia lui Jules Verne a depășit cu mult limitele veridicității. Într-un loc al romanului citim că Nemo cobora la adâncimi de trei, patru, cinci, șapte, nouă și zece mii de metri sub suprafața oceanului. Iar odată „*Nautilus*" a coborât chiar la adâncimea nemaipomenită de 16 000 de metri! Eroul romanului povestește cum trepidau pereții vasului căptușiți cu fier, cum se curbau înspre interior ferestrele, cedând sub presiunea apei'. El afirma că, dacă nava n-ar fi avut rezistența unui corp turnat compact, ea ar fi fost imediat turtită.

Era o îngrijorare pe deplin justificată pentru că la o adâncime de 16 km (dacă oceanele ar avea o astfel de adâncime), presiunea apei ar trebui să atingă 16 000:10 = 1 600 kg/cm^2 sau 1 600 de atmosfere tehnice; o asemenea presiune nu sfărâmă fierul, dar ar turti fără îndoială nava. Oceanografia nu cunoaște însă astfel de adâncimi. Părerile exagerate despre adâncimea oceanelor care existau în epoca în care a trăit Jules Verne (romanul a fost scris în 1869) se explică prin inperfecțiunea metodelor de măsurare a adâncimilor. În timpurile acelea, ca bandulă-logh nu se folosea sârma, ci frânghia de cânepă; un astfel de logh era frânat de frecarea de apă cu atât mai mult, cu cât mai mare era adâncimea la care era cufundat. La adâncimi mari, frecarea crește atât încât loghul înceta cu totul să coboare și drept rezultat frânghia se încurca doar, creând impresia unei adâncimi uriașe..

Submarinele moderne rezistă la presiuni de cel mult 25 de atmosfere. De aceea ele nu se pot cufunda decât la adâncimi de 250 m. Adâncimi mult mai mari au fost atinse cu ajutorul unui aparat special, denumit batisferă (fig. 51), destinat special studiului faunei adâncurilor oceanice. Dar de acest aparat nu ne mai amintește „*Nautilus*" al lui Jules Verne, ci creația fantastică a unui alt romancier – sfera de mari adâncimi – a lui Wells, descrisă în povestirea Î*n abis*. Eroul acestei povestiri a coborât pe fundul oceanului, la o adâncime de 9 km, într-o sferă de oțel cu pereții groși; aparatul s-a cufundat fără cablu, dar cu greutăți mobile. Ajungând la fundul oceanului, sfera s-a eliberat aici de greutățile care o antrenau și s-a ridicat fulgerător la suprafața apei.

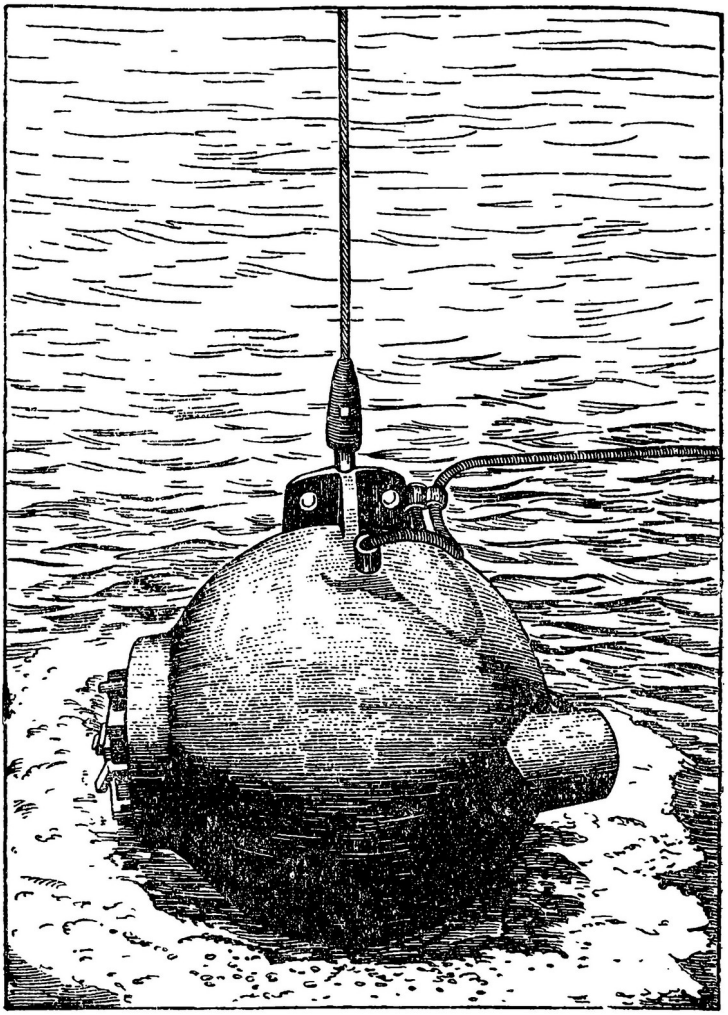


Fig. 51 — Aparatul sferic din oțel, *batisfera*, pentru coborîrea în straturile adînci ale oceanului. În acest aparat a fost atinsă în anul 1934 o adîncime de 923 m. Grosimea pereților sferei este de aproximativ 4 cm, diametrul de 1,5 m, greutatea de 2,5 tone.

În batisferă, savanții au atins adâncimi de peste 900 m. Batisfera este coborâtă cu ajutorul unui cablu de pe nava cu care cei aflați în sferă păstrează o legătură telefonică permanentă.

Nu de mult, în Franța, sub conducerea inginerului Vilme, și în Italia, după proiectul profesorului belgian Picard, au fost create aparate

speciale pentru studii la mare adâncime, numite batiscafe. Deosebirea lor principală de batisfere constă în aceea că ele se pot deplasa, pot pluti la adâncimi mari, în timp ce batisferele stau suspendate neputincios de un cablu. Mai întâi, Picard a coborât cu batiscaful la o adâncime de peste 3 km, iar apoi francezii Guillaume și Vilme au asaltat următorul hotar, coborând la o adâncime de 4 050 m. În noiembrie 1959 batiscaful atinge 5 670 m. Dar nici aceasta nu a constituit o limită a posibilităților lui. La 9 ianuarie 1960 Picard a coborât la o adâncime de 7 300 m, iar la 23 ianuarie batiscaful lui a atins fundul gropii Marianelor, la o adâncime de 11,5 km! Datele deținute până în prezent arată că aici este cea mai mare adâncime din lume.

CUM A FOST RIDICAT LA SUPRAFAȚĂ „SADKO“?

În întinsul larg al oceanelor pier anual mii de nave mari și mici, mai ales în timpul războiului. În ultimii ani s-au efectuat lucrări de ridicare a navelor celor mai valoroase și mai accesibile. Inginerii și scafandrii sovietici au ridicat la suprafață peste 150 de nave mari. Una dintre cele mai mari a fost spărgătorul de gheață „*Sadko*” scufundat în 1916 în Marea Albă în urma neglijenței căpitanului ei. După ce a zăcut la fundul mării timp de 17 ani, acest excelent spărgător de gheață a fost ridicat la suprafață și a putut fi folosit în continuare.

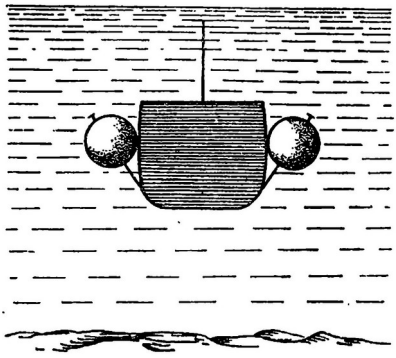


Fig. 52 — Schema ridicării navei *Sadko*; este arătată secțiunea spărgătorului de gheață, pontoanelor și benzii de oțel.

Tehnica ridicării se bazează în întregime pe folosirea legii lui Arhimede. Scafandrii au săpat sub nava scufundată, în fundul mării, 12 tuneluri și prin fiecare dintre ele au-trecut benzi rezistente de oțel. Capetele acestor benzi au fost fixate de niște pontoane scufundate în mod intenționat alături de spărgătorul de gheață. Întreaga lucrare a fost efectuată la o adâncime de 25 m sub nivelul mării.

Drept pontoane (fig. 52) serveau niște cilindri impermeabili, goi în interior, cu lungimea de 11 m și cu un diametru de $5^1/_2$ m. Un ponton gol cântărea 50 de tone. Folosind regulile cunoscute din geometrie, nu este greu să calculăm volumul lui: aproximativ 250 m^3. Este clar că un astfel de cilindru gol va pluti pe apă: el dislocă 250 de tone de apă,

cântărind doar 50 de tone; tonajul este egal cu diferența dintre 250 și 50, adică cu 200 de tone. Pentru a sili pontonul să coboare la fund, el este umplut cu apă.

Când (fig. 52) capetele benzilor de oțel au fost bine fixate de pontoanele scufundate, în cilindri a fost pompat cu ajutorul furtunurilor aer comprimat. La adâncimea de 25 în apa exercită o presiune de 25/10 + 1, adică 3,5 atmosfere. Aerul pompat în cilindri era supus unei presiuni de aproximativ 4 atmosfere și, prin urmare, trebuia să evacueze apa din pontoane. Cilindrii astfel ușurați erau împinși cu mare forță de apa înconjurătoare spre suprafața mării. Ei urcau în apă, așa cum se înalță aerostatul în aer. Forța de ridicare a tuturor pontoanelor după completa lor golire de apă ar fi fost egală eu 200 X 12, adică cu 2 400 de tone. Aceasta depășește greutatea navei „*Sadko*“, așa încât pentru a efectua o ridicare mai lină, pontoanele au fost golite de apă numai parțial.

Cu toate acestea, succesul a venit numai după câteva încercări nereușite. „Patru încercări au fost făcute înainte de a reuși să ridicăm nava – scrie inginerul șef T.L. Bobrițki, care a condus lucrările[1]. De trei ori cei care așteptau cu nerăbdare apariția vasului au văzut cum apăreau stihinic la suprafață, în haosul valurilor și al spumei, pontoane și furtunuri sfâșiate care se încolăceau ca șerpii. De două ori apăruse și a dispărut din nou în abisul mării spărgătorul de gheață înainte de a se ridica definitiv la suprafață“.

[1] *În cartea Cucerirea abisului.*

UN MOTOR DE APĂ „PERPETUU“

Printre numeroasele proiecte de perpetuam mobile au fost multe care se bazau pe ridicarea corpurilor la suprafața apei. Un turn înalt de 20 în este umplut cu apă. În partea de sus și cea de jos ale turnului sunt amenajate niște roți de transmisie, prin care trece un odgon rezistent de forma unei curele infinite. La acest odgon sunt fixate 14 lădițe cubice, cu înălțimea de 1 m, astfel construite din foi de tablă de fier încât apa nu poate pătrunde în interiorul lăzilor. În figurile 53 și 54 este reprezentat aspectul exterior și secțiunea longitudinală a unui astfel de turn.

Cum funcționează această instalație? Oricine cunoaște legea lui Arhimede își va da seama că lăzile aflate în apă vor tinde să se ridice la suprafață. Ele sunt antrenate în sus de o forță egală cu greutatea apei dislocate de lăzi, adică cu greutatea unui metru cub de apa de atâtea ori repetat câte lăzi sunt cufundate în apă. Din desene se vede că în apă se găsesc mereu 6 lăzi. Deci forța care antrenează în sus lăzile

încărcate este egală cu greutatea a 6 m^3 de apă, adică cu 6 tone. În jos lăzile sunt antrenate de propria lor greutate, care însă este echilibrată de greutatea celor 6 lăzi suspendate liber pe partea exterioară a odgonului.

Astfel, odgonul așezat în modul arătat va fi supus mereu unei tracțiuni de 6 tone, aplicată la un capăt al lui și îndreptată în sus. Este evident că această forță va sili odgonul să se deplaseze neîntrerupt, lunecând pe roțile de transmisie și efectuând la fiecare rotație un lucru de 6 000 X 20 = 120 000 kg/m.

Acum este clar că, dacă țara ar fi împânzită cu astfel de turnuri, atunci s-ar putea obține de pe urma lor un lucru mecanic suficient pentru acoperirea tuturor nevoilor economiei naționale. Turnurile vor roti indusul mașinilor și vor furniza energie electrică în orice cantitate.

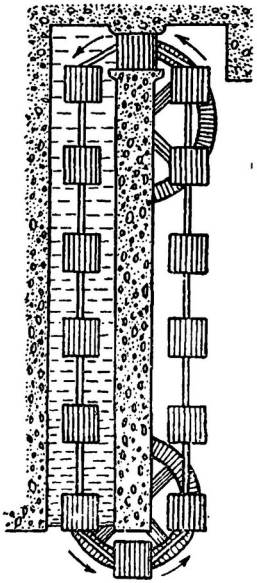


Fig. 53 — Proiectul motorului cu apă imaginar „perpetuu".

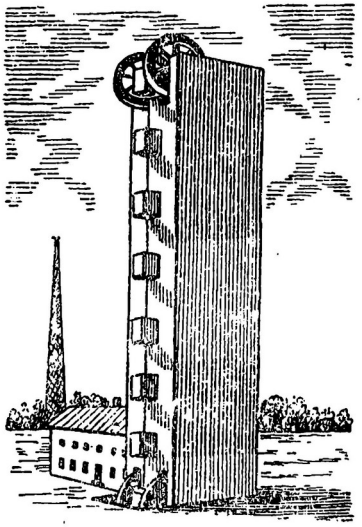


Fig. 54 — Structura turnului din desenul precedent.

Dar dacă analizăm cu atenție acest proiect, ne convingem cu ușurință de faptul că odgonul nu se va deplasa de loc.

Pentru ca odgonul infinit să se poată deplasa, este necesar ca lăzile să intre în bazinul cu apă al turnurilor prin partea de jos, părăsindu-l în partea de sus. Dar, intrând în bazin, lada trebuie să învingă presiunea unei coloane de apă cu înălțimea de 20 m! Pe un metru pătrat de

suprafață a lăzii această presiune este egală cu 20 de tone (greutatea a 20 m^3 de apă). Forța de tracțiune în sus însă nu este decât de 6 tone, ceea ce este evident insuficient pentru a antrena lada în bazin.

Printre numeroasele modele de motoare de apă „perpetue”, dintre care sute au fost propuse de inventatori nenorocoși, pot fi găsite și variante foarte simple și ingenioase.

Priviți figura 55. O parte din tamburul de lemn fixat pe ax este tot timpul cufundată în apă.

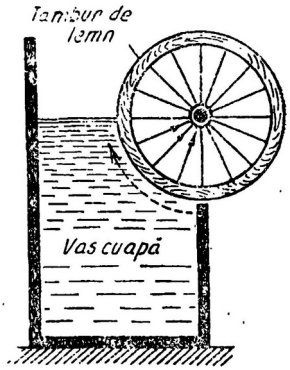


Fig. 55 — Încă un proiect de motor cu apă „perpetuu“.

Dacă este valabilă legea lui Arhimede, atunci partea cufundată în apă trebuie să se ridice și, dacă forța de împingere este mai mare decât forța de frecare pe axa tamburului, atunci rotirea nu va înceta niciodată. Dar nu vă grăbiți să construiți acest perpetum mobilei Veți suferi inevitabil un eșec: tamburul nu se va deplasa. În ce constă deci eroarea raționamentelor noastre? Constatăm că nu am ținut seama de direcția forțelor care acționează. Aceste forțe vor fi, totdeauna perpendiculare pe suprafața tamburului, adică de-a lungul razei spre ax. Din experiența zilnică fiecare știe că roata nu poate fi silită să se rotească aplicând forțele de-a lungul razei ei. Pentru a produce mișcarea de rotație, trebuie să se aplice o forță perpendiculară pe rază, adică de-a lungul tangentei la circumferința roții. Acum nu este greu de înțeles de ce și în acest caz încercarea de a realiza mișcarea „perpetuă” se va termina cu un eșec.

Legea lui Arhimede înflăcăra, imaginația căutătorilor motorului „perpetuu” și îi îndemna să inventeze dispozitive ingenioase pentru folosirea pierderii aparente de greutate în scopul realizării unei surse eterne de energie mecanică. Dar niciuna dintre aceste încercări nu a fost și nici nu putea să fie încununată de succes.

CINE A INTRODUS CUVINTELE „GAZ“ ȘI ATMOSFERĂ“?

Cuvântul *gaz* face parte din cuvintele descoperite de savanți o dată cu altele, ca *termometru, electricitate, galvanometru, telefon* și înainte de toate *atmosferă*. Este incontestabil faptul că, dintre toate cuvintele inventate, cel mai scurt este cuvântul *gaz*. Chimistul și medicul olandez van Helmont a folosit cuvântul *gaz* pornind de la cuvântul grecesc haos. Descoperind faptul că aerul este constituit din două părți, dintre care

una menține arderea și arde, iar cealaltă nu posedă aceste proprietăți, van Helmont scria:

„Acești vapori i-am numit gaz, pentru că ei nu se deosebesc aproape de loc de haosul anticilor (înțelesul inițial ai cuvântului haos este spațiul strălucitor)”.

Dar multă vreme după aceea noul cuvânt nu a măi fost întrebuințat și a fost readus la viață în anul 1789 de marele Lavoisier. El a căpătat o răspândire largă atunci când peste tot a început să se vorbească despre zborurile fraților Mont- golfier în primele baloane cu aer.

În lucrările sale, Lomonosov folosea o altă denumire pentru corpurile gazoase: lichide elastice. Menționăm de altfel faptul că lui Lomonosov îi revine meritul de a fi introdus în vorbirea rusă o serie de termeni care astăzi au devenit termeni curenți în limbajul științific:

atmosferă	manometru
barometru	micrometru
pompă cu aer	optică, optic
viscozitate	electric
cristalizare	eter etc.
Materie	

Lomonosov scria:

„Eram forțat să caut cuvinte pentru denumirea unor instrumente de fizică, fenomene și obiecte naturale care (adică cuvintele), deși par la început oarecum stranii, sper că vor deveni mai cunoscute în urma folosirii lor dese“.

După cum știm, speranțele lui Lomonosov s-au justificat pe deplin.

O PROBLEMĂ APARENT SIMPLĂ

Un samovar cu o capacitate de 30 de pahare e plin cu apă. Așezați paharul sub robinetul lui și urmăriți cu ceasul în mână în câte secunde se umple paharul până la margine. Presupunem că această operație durează o jumătate de minut. Punem acum întrebarea: în câte minute se va goli samovarul dacă lăsăm robinetul deschis?

S-ar părea că este o problemă simplă de aritmetică: un pahar de apă curge într-o jumătate de minut, deci 30 de pahare de apă se vor scurge în 15 minute.

Dar verificați acest lucru prin experiență. Se va constata că pentru golirea samovarului sunt

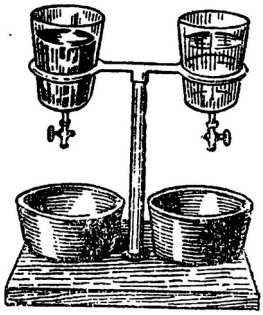


Fig. 56 — Ce se va scurge mai repede: mercurul sau spirtul? Nivelul lichidului este același în ambele vase.

insuficiente 15 minute, el golindu-se într-o jumătate de oră.

Ce s-a întâmplat? Calculul a fost atât de simplu!

Simplu, dar greșit. Nu trebuia să ne închipuim că viteza de curgere a rămas aceeași de la început până la sfârșit. După ce a curs primul pahar de apă din samovar, apa curge sub o presiune mai mică, pentru că nivelul ei în samovar a scăzut; este ușor de înțeles că pentru umplerea celui de-al doilea pahar va trebui mai mult timp; pentru cel de-al treilea va trebui și mai mult timp ș.a.m.d.

Viteza de curgere a oricărui lichid printr-un orificiu făcut într-un vas deschis depinde de înălțimea coloanei de lichid de deasupra orificiului respectiv. Genialul Torricelli, discipolul lui Galilei, a fost primul care a remarcat această funcție și a exprimat-o cu ajutorul unei formule simple:

unde v este viteza de curgere, g accelerația forței de gravitație, iar h înălțimea nivelului lichidului deasupra orificiului. Din această formulă rezultă că viteza lichidului care curge nu depinde de loc de densitatea lui. Spirtul ușor și mercurul greu curg la fel de repede dacă nivelul lor deasupra orificiului este egal (fig. 56). Din formulă se vede că în Lună, unde forța de gravitație este de 6 ori mai mică decât pe Pământ, pentru umplerea unui pahar ar trebui aproximativ de 2 1/2 ori mai mult timp decât pe Pământ. Dar să ne întoarcem la problema noastră. Dacă după scurgerea a 20 de pahare din samovar nivelul apei a scăzut de patru ori (socotind de la orificiul robinetului), atunci cel de-al 21-lea pahar se va umple de două ori mai încet decât primul. Mai departe, dacă nivelul apei va scădea de 9 ori, atunci pentru umplerea ultimelor pahare va fi necesar de trei ori mai mult timp decât pentru primul. Știm cu toții cât de încet curge apa din samovarul care s-a golit aproape complet.

Rezolvând această problemă cu metodele matematicii superioare, se poate demonstra că timpul necesar pentru golirea completă a vasului este de două ori mai mare decât timpul în care s-ar fi scurs același volum de lichid dacă nivelul inițial ar rămâne constant.

PROBLEMA BAZINULUI

De la cele spuse mai sus nu este decât un pas până la cunoscutele probleme cu bazine, nelipsite din niciun manual de aritmetică sau de algebră. Ne amintim cu toții aceste probleme clasic plictisitoare, scolastice:

„Un bazin este prevăzut cu două conducte. Apa care vine prin prima dintre ele poate umple bazinul în 5 ore; prin cea de-a doua bazinul

poate fi golit în 10 ore. În câte ore se va umple un bazin gol dacă robinetele cu care sunt prevăzute cele două conducte rămân deschise?"

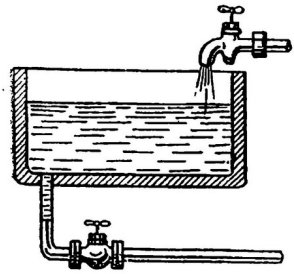


Fig. 57 — Problema cu bazinul.

Problemele de acest gen sunt foarte vechi. Ele. Dăinuie de peste 20 de veacuri, de pe vremea lui Heron din Alexandria. Iată una dintre problemele lui Heron, care, ce-i drept, nu este atât de complicată ca urmașele ei: „Sunt date patru fântâni arteziene. E dat și un bazin, pe care prima fântână îl umple în 24 de ore. Cea de-a doua o face în două zile și două nopți. Cea de-a treia este de trei ori mai slabă decât prima. Cea de-a patra îl umple în patru zile și patru nopți, Răspunde-mi în cât timp se umple bazinul dacă lăsăm să funcționeze în același timp toate fântânile?"

De două mii de ani se rezolvă probleme cu bazine și iată ce mare este puterea rutinei! — de două mii de ani ele se rezolvă în mod greșit. De ce este greșit modul lor de rezolvare? Veți înțelege și singuri dacă vă veți aminti cele ce s-au spus mai sus despre curgerea apei. Cum suntem învățați să rezolvăm astfel de probleme? De exemplu, prima este rezolvată astfel: într-o oră prima conductă umple 1/5 din bazin, iar cea de-a doua golește 1/10 din el; prin urmare, când sunt puse în funcțiune ambele conducte, în fiecare oră se umple 1/5—1/10=1/10 din bazin, deci rezultă că pentru umplerea bazinului sunt necesare 10 ore. Acest raționament este greșit: dacă se poate considera că accesul apei are loc sub presiunea constantă și, prin urmare, uniformă, atunci evacuarea ei are loc în condițiile unui nivel variabil, deci neuniform. Din faptul că prin cea de-a doua conductă bazinul este golit în 10 ore, nu rezultă de loc că în fiecare oră se golește 1/10 din bazin; după cum vedem, modul școlăresc de rezolvare a problemei este greșit. Această problemă nu poate fi rezolvată corect prin mijloacele matematicii elementare, de aceea consider că problemele cu bazine (cu apa ce se scurge) nu-și au de loc locul în cărțile de aritmetică.

VASUL-MINUNE

Se poate oare realiza un vas din care apa să curgă mereu uniform fără a-și încetini curgerea, cu toate că nivelul lichidului scade? După cele ce-ați aflat din paragrafele precedente, vă imaginați, probabil, că acest lucru este imposibil.

Și, totuși, acest lucru este pe deplin realizabil. Borcanul din figura 58

este tocmai un vas de acest fel. Este un vas simplu, cu gâtul îngust, prin al cărui dop trece un tub de sticlă. Dacă veți deschide robinetul C, care se află mai jos de capătul tubului, atunci lichidul va curge uniform până ce nivelul apei va coborî la capătul de jos al tubului. Cufundând tubul aproape până la nivelul robinetului, puteți forța lichidul aflat mai sus de nivelul lui să curgă uniform, deși cu o presiune slabă.

De ce se întâmplă astfel? Urmăriți cu gândul ce se întâmplă în vas când este deschis robinetul C (fig. 58), O dată cu scurgerea lichidului nivelul lui din vas scade și prin tubul de sticlă intră, în aerul rarefiat de sub apă, aerul din exterior: el trece sub formă de bule prin apă și se adună deasupra ei în partea de sus a vasului. Acum pe întregul nivel B presiunea este egală cu cea atmosferică.

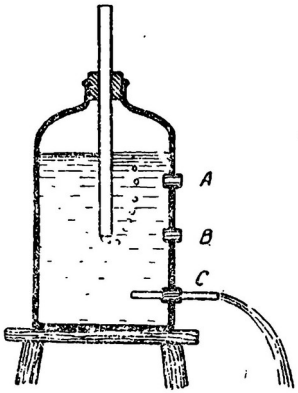


Fig. 58 — Construcția vasului lui Mariotte. Apa curge uniform din robinet.

Prin urmare, din robinetul C apa curge numai sub presiunea stratului de apă BE pentru că presiunea atmosferei din interiorul și din exteriorul vasului se echilibrează. Deoarece grosimea stratului BE rămâne constantă, nu este de mirare că lichidul curge mereu cu aceeași viteză.

Încercați acum să rămâneți la întrebarea: cât de repede va curge apa dacă scoatem dopul B de la nivelul capătului tubului de sticlă?

Constatăm că ea nu curge de loc; desigur dacă orificiul este atât de mic încât putem neglija lărgimea lui, căci altfel apa va curge sub presiunea stratului subțire de apă gros cât lățimea orificiului. Într-adevăr, aici presiunea interioară și cea exterioară sunt egale cu cea atmosferică și nimic nu silește apa să curgă.

Iar dacă ați scoate dopul A, care se află mai sus decât capătul inferior al tubului, atunci nu numai că apa nu ar curge, dar în vas ar intra și aer din exterior. De ce? Cauza este foarte simplă: în interiorul acestei părți a vasului, presiunea aerului este mai mică decât presiunea atmosferică din exterior.

Acest vas cu proprietăți atât de neobișnuite a fost inventat de cunoscutul fizician Mariotte și denumit cu numele acestuia.

POVARA DIN AER

Pe la mijlocul secolului al XVII-lea, locuitorii unui oraș și principii

domnitori din Germania, adunați aici în frunte cu împăratul, au fost martorii unei priveliști uimitoare: 16 cai depuneau toate eforturile pentru a îndepărta una de alta două emisfere de cupru alăturate. Ce le lega între ele? „Nimic“, aerul. Și cu toate acestea cei opt cai care trăgeau într-o parte și ceilalți opt care trăgeau în partea opusă nu au fost în stare să le depărteze. Astfel, primarul Otto von Guericke le-a demonstrat tuturor că aerul este departe de a fi un „nimic”, că el are o greutate și apasă cu o forță destul de mare asupra tuturor obiectelor terestre.

Această experiență a fost efectuată la 8 mai 1654 într-o atmosferă festivă. Savantul primar a știut să trezească interesul tuturor față de cercetările lui științifice, cu toate că aceasta avea loc în focul neînțelegerilor politice și ale războaielor pustiitoare.

Descrierea cunoscutei experiențe cu „emisferele de Magdeburg“ este dată și în manualele de fizică. Sunt totuși convins de faptul că cititorul va asculta cu interes următoarea povestire făcută de însuși Guericke, acest „Galilei german”, cum este numit câteodată acest excepțional fizician. Cartea voluminoasă cu descrierea unui șir lung de experiențe pe care le-a efectuat a apărut la Amsterdam în 1672 și, asemenea tuturor cărților din această epocă, avea un titlu foarte lung. Iată-l:

OTTO von GUERICKE
Așa-numitele experiențe noi de la Magdeburg cu
SPAȚIUL FĂRĂ AER
descrise mai întâi de profesorul de matematici
G. SCHOTT
Editat de însuși autorul, adăugit și completat cu diferite experiențe noi

Capitolul al XVIII-lea al acestei cărți este consacrat experienței care ne interesează. Iată pasajul respectiv:

„Experiența care demonstrează că presiunea aerului leagă două emisfere atât de solid încât ele nu pot fi depărtate prin efortul a 16 cai“.

. „Eu am comandat două emisfere de cupru cu diametrul de trei sferturi de cot de Magdeburg[1]

[1] *Un cot de Magdeburg este egal cu 550 mm.*

În realitate, diametrul lor nu era decât de 67/100, deoarece, ca de obicei, meșterii nu s-au priceput să construiască exact ceea ce li s-a cerut. Cele două emisfere coincideau perfect. Una dintre ele era

prevăzută cu un robinet; cu ajutorul acestui robinet putea fi evacuat aerul din interior, împiedicându-se totodată pătrunderea aerului din afară. Emisferele erau prevăzute de asemenea cu patru inele prin care treceau niște cabluri legate de harnașamentul cailor. Am comandat și un inel din piele impregnat cu un amestec de ceară cu terebentină: așezat între cele două emisfere, el nu permitea accesul aerului. În robinet am introdus tubul unei pompe de vid și am îndepărtat aerul din sferă. S-a constatat atunci cât de puternic s-au lipit una de alta cele două emisfere. Presiunea aerului exterior le-a apropiat atât de mult, încât 16 cai nu le puteau depărta sau reușeau s-o facă cu mare greutate. Când, cedând efortului cailor, cele două emisfere se desprindeau una de alta, se auzea un zgomot puternic, ca o detunătură.

Însă îndată ce, cu ajutorul robinetului, era permis accesul aerului în sferă, cele două emisfere puteau fi ușor depărtate cu mâna“.

Un calcul simplu ne poate explica de ce este necesară

O forță atât de mare (câte 8 cai de fiecare parte) pentru a separa cele două părți ale unei sfere goale în interior. Aerul apasă cu o forță de aproximativ 1 kg pe fiecare cm2; suprafața cercului[2] cu diametrul de 0,67 coți (37 cm) este egală cu 1 060 cm2. Prin urmare, presiunea atmosferei pe fiecare emisferă trebuie să depășească 1 000 kg (o tonă).

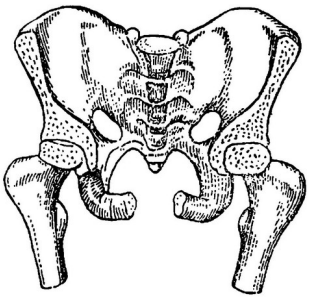


Fig. 59 — Oasele articulațiilor noastre coxofemurale nu se dislocă datorită presiunii atmosferice, tot așa cum nu se desfac nici emisferele de Magdeburg.

[2] Se ia suprafața cercului și nusuprafa ța emisferei, pentru că presiunea atmosferei este egală cu cea indicată numai când acționează asupra unei suprafețe sub un unghi drept; pentru suprafețele înclinate, această presiune este mai mică. În cazul acesta luăm proiecția sub unghi drept a suprafeței sferice pe un plan, adică suprafața cercului mare.

Deci fiecare grup de opt cai trebuia să tragă cu o forță de o tonă pentru a opune rezistență presiunii aerului exterior.

S-ar părea că pentru opt cai (de fiecare parte) aceasta nu este o povară prea mare. Nu uitați însă că, deplasând de exemplu o încărcătură de o tonă, caii nu înving o forță de o tonă, ci una mult mai mică, și anume cea de frecare a roților de osie și de caldarâm. Iar această forță este, de exemplu, pe șosea doar de vreo 5°, adică pentru o încărcătură de o tonă ea este de 50 kg. Nu mai vorbim despre faptul că prin reunirea efortului a 8 cai se pierde, după cum ne arată practica, cam 50% din tracțiune. Prin urmare, o tracțiune de o tonă corespunde, pentru 8 cai, unei încărcături a carului de 20 de tone.

Iată cât de mare este acea povară de aer pe care urmau s-o tragă caii primarului din Magdeburg! Era ca și cum ar fi trebuit să urnească din loc o locomotivă nu prea mare, dar care nu se deplasează pe șine.

S-a măsurat că un cal voinic de tracțiune trage carul cu o forță de numai 80 kg[1].

[1] La o viteză de 4 km pe oră. În medie se consideră că forța de tracțiune a unui cal constituie 15% din greutatea lui; greutatea cailor este; ușor 400 kg, greu 750 kg. Pentru un timp foarte scurt (efortul inițial) forța de tracțiune poate fi de câteva ori mai mare.

Prin urmare, pentru depărtarea una de alta a emisferelor de Magdeburg ar fi fost nevoie, considerând că forța de tracțiune a cailor este egală cu $\frac{1000}{80}$, de câte 13 cai de fiecare parte[2].

[2] Pentru explicația necesității de a folosi câte 13 cai de fiecare parte, vezi Mecanica distractivă.

Probabil că cititorul va fi uimit când va afla că unele articulații ale corpului nostru nu se dislocă datorită aceleiași presiuni atmosferice. Astfel, articulațiile noastre coxofemurale reprezintă tot un fel de emisfere de Magdeburg. Chiar dacă sunt îndepărtați mușchii și sunt desfăcute toate legăturile realizate prin tendoane, șoldul totuși nu se desprinde. El este presat de presiunea atmosferică, pentru că în spațiul dintre articulații nu este aer.

NOILE FÂNTÂNI ALE LUI HERON

Probabil că cititorii cunosc forma obișnuită a fântânii atribuite mecanicianului Heron din antichitate. Vă reamintesc aici construcția ei înainte de a trece la cele mai noi variante ale acestei instalații interesante. Fântâna lui Heron (fig. 60) este formată din trei vase: cel de sus, descoperit, notat cu litera a, și două vase sferice b și c, închise ermetic. Vasele sunt legate între ele prin trei tuburi, a căror amplasare este arătată în desen. Când în a există puțină apă, sfera b este umplută cu apă, iar sfera c cu aer, atunci fântâna începe să funcționeze; apa curge prin tub din a în c, împingând de acolo aerul în sfera b sub presiunea aerului, apa din b se ridică pe tub în sus și țâșnește deasupra vasului a. Când sfera b se golește, fântâna nu mai funcționează.

Aceasta este forma veche a fântânii lui Heron. Chiar în vremurile noastre, un învățător din Italia, impulsionat fiind de înzestrarea prea modestă a cabinetului său de fizică, a simplificat construcția acestei

fântâni și a găsit astfel de variante ale acesteia, încât oricine le poate realiza cu mijloace cât se poate de simple (fig. 61). În locul sferelor el a folosit niște sticle de farmacie; în locul unor tuburi de sticlă sau metalice a folosit tuburi de cauciuc. Vasul de sus nu trebuie găurit: capetele tuburilor pot fi introduse ca în figura 61, sus.

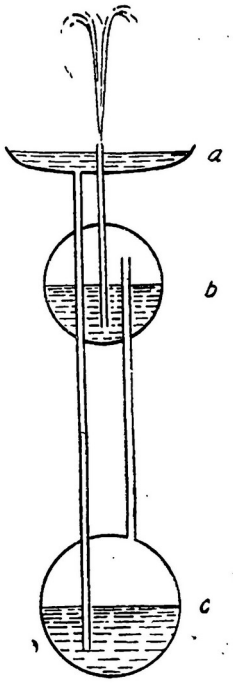


Fig. 60 — Vechea fîntînă a lui Heron.

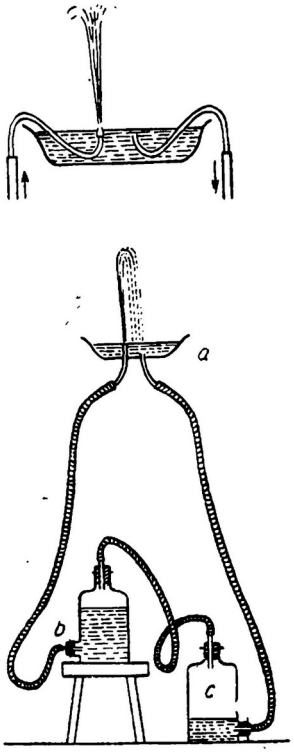


Fig. 61 — O variantă modernă a fîntînii lui Heron.

Această variantă face ca instalația să fie mai comodă în folosirea ei: când toată apa din b se scurge prin vasul a în vasul e, atunci se pot muta vasele b și c pur și simplu și fântâna începe din nou să funcționeze: bineînțeles că nu trebuie să uităm să mutăm vârful de pe un tub pe celălalt.

Un alt avantaj al acestei variante a fântânii constă în aceea că ea oferă posibilitatea de a schimba după plac așezarea vaselor și de a studia cum influențează distanța dintre nivelurile vaselor asupra înălțimii de țâșnire a apei.

Dacă doriți ca apa să țâșnească ia o înălțime mult mai mare, puteți realiza acest lucru înlocuind în vasele de jos apa cu mercur, iar aerul cu apă (fig. 62). Înţelegem cu uşurinţă cum anume funcţionează acest dispozitiv: mercurul, curgând din vasul c în b, împinge din acesta apa, forţând-o să ţâşnească. Ştiind că mercurul este de 13% ori mai greu decât apa, putem calcula la ce înălțime va țâșni apa fânlânii. Notăm diferența de nivel respectiv cu h_1, h_2. Să vedem cum datorită căror forțe, mercurul curge din vasul c (fig. 62) în vasul b. În tubul de racordare, mercurul suferă presiune la ambele capete. În dreapta acționează presiunea diferenței h2 dintre coloanele de mercur (care este identică cu presiunea unei coloane de apă de 13% ori mai înalte, 13% h_2) plus presiunea coloanei de apă h_1. În stânga presează coloana de apa h_3. Deci mercurul este antrenat cu forța

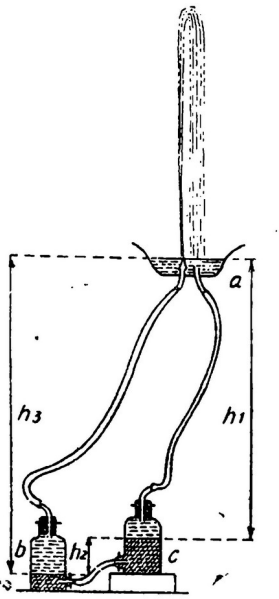


Fig. 62 — Fîntîna care funcționează datorită presiunii mercurului. Apa țîșnește la o înălțime de zece ori mai mare decît diferența dintre nivelurile mercurului.

$$13\frac{1}{2}\,h2 + h1 - h3$$

Dar h_3-h_1=h_2; de aceea înlocuim $h_1 - h_3$ cu -h_2 şi obţinem

$$13\frac{1}{2}\,h2 - h2$$

adică 12 $^1/_2$ h_2. Prin urmare, mercurul vine în vasul b sub presiunea unei coloane de apă cu înălțimea de 12 $^1/_2$ h_2. Teoretic apa fântânii trebuie să țâșnească la o înălțime egală cu diferența de nivel a mercurului din vase înmulțită cu 12 $^1/_2$. Frecarea însă reduce întrucâtva această înălțime teoretică.

Cu toate acestea, instalația descrisă permite să se obțină un jet de apă care țâșnește la o înălțime destul de mare. De exemplu, pentru a face ca apa să țâșnească la o înălțime de 10m este suficient ca unul dintre vase să fie ridicat deasupra celuilalt cam cu un metru. Este interesant de menționat faptul, care se vede din calculul nostru, că înălțimea de așezare a vasului a deasupra celorlalte două nu influențează de loc asupra înălțimii jetului de apă.

VASE ÎNȘELĂTOARE

În vechime, în secolele XVII-XVIII, nobilimea se distra cu următoarea

jucărie instructivă: se confecționa o cană sau o cofă în a cărei parte superioară existau niște tăieturi ornamentale (fig. 63). O astfel de cană umplută cu vin era oferită oaspetelui simplu de care puteau să-și bată joc fără grijă. Cum să bei din ea? S-o înclini nu se poate: vinul va curge prin numeroasele tăieturi fără a nimeri în gură nici măcar o picătură. Se va întâmpla ca în povești:

„Cu vin și bere m-am ospătat,
Dar numai mustața mi-am udat“.

Dar cei care cunoșteau secretul unor asemenea căni, secret arătat în dreapta figurii 63, aceia astupau cu degetul deschizătura B, luau ciocul în gură și sorbeau

Fig. 63 — Cana înșelătoare de la sfîrșitul secolului al XVIII-lea și secretul construcției ei.

lichidul fără a mai înclina vasul: vinul se ridica prin deschizătura E, prin canalul din interiorul mânerului, apoi prin continuarea acestuia C din interiorul marginii de sus a cănii și ajungea la ciocul ei.

Încă nu prea de mult olarii noștri fabricau astfel de căni. Am avut ocazia să văd într-o casă un model de acest fel, care ascundea destul de iscusit secretul vasului; pe cană era o inscripție: „Bea, dar nu turna pe tine“.

CÂT CÂNTĂREȘTE APA DINTR-UN PAHAR RĂSTURNAT

— Desigur că nu cântărește nimic; apa se varsă dintr-un astfel de pahar, veți spune dumneavoastră.

— Și dacă nu se varsă? — vă întreb

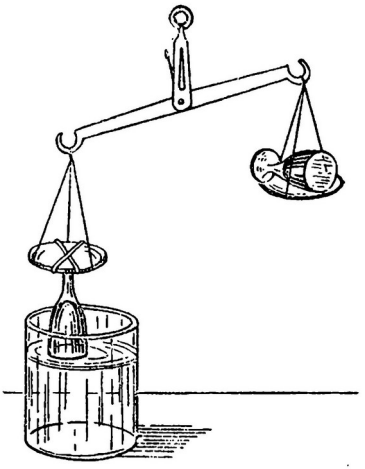


Fig. 64 — Cîntărirea apei în cupa răsturnată.

eu. —Atunci cum e?

Într-adevăr, se poate face astfel încât apa să nu se verse dintr-un pahar răsturnat.

Cazul acesta este reprezentat în figura 64. Cupa de sticlă răsturnată, suspendată cu un fir legat de fundul cupei de unul din talerele balanței, este umplută cu apa care nu se varsă, pentru că marginile cupei sunt cufundate într-un alt vas cu apă. Pe celălalt taler al balanței este așezată o cupă identică, dar goală.

Care dintre talere se înclină?

Se va înclina acela de care este legată cupa răsturnată cu apă. Asupra acestei cupe se exercită în partea de sus presiunea atmosferică totală, iar în cea de jos presiunea atmosferică slăbită de greutatea apei conținute în cupă. Pentru a restabili echilibrul talerelor, ar trebui umplută cupa de pe celălalt taler.

Prin urmare, în condițiile de mai sus, apa din paharul răsturnat cântărește tot atât cât și în cel care stă în picioare pe celălalt taler.

DE CE SE ATRAG NAVELE

În toamna anului 1912, cu vaporul oceanic „*Olimpic*“ – pe atunci una din navele cele mai mari din lume – s-au întâmplat următoarele: „*Olimpic*“ naviga în largul mării, iar paralel cu el, la o distanță de sute de metri, trecea cu viteză mare o altă navă, mult mai mică, crucișătorul blindat „*Gauk*“. Când cele două nave se aflau în poziția din figura 65, s-a petrecut ceva cu totul neașteptat. Nava cea mai mică și-a schimbat brusc direcția, de parcă se supunea unei forțe invizibile, s-a întors cu prora spre nava cea mare și, nesupunându-se cârmei, s-a îndreptat aproape direct spre ea. Navele s-au ciocnit. „*Gauk*“ s-a lovit cu prora de bordul vasului „*Olimpic*“; șocul a fost atât de puternic, încât „*Gauk*“ a făcut o spărtură mare în bordul vasului „*Olimpic*“.

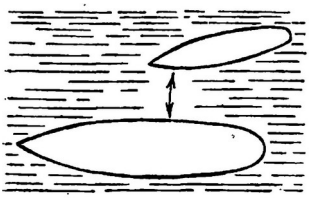


Fig. 65 — Poziția navelor „Olimpic“ și „Gauk“ înainte de ciocnire.

Când acest caz ciudat a fost examinat la tribunalul maritim, drept vinovat a fost recunoscut căpitanul giganticului „*Olimpic*“, deoarece, după cum arăta hotărârea tribunalului, el nu a ordonat să i se cedeze drumul navei „*Gauk*“ care-i tăia calea.

Prin urmare, tribunalul nu a observat nimic neobișnuit: doar lipsa de prevedere a căpitanului și atât. Și, cu toate acestea, s-a petrecut ceva cu totul neașteptat: atracția reciprocă a navelor pe mare.

Astfel de cazuri s-au petrecut de multe ori probabil și înainte, când două nave navigau paralel. Dar atât. Timp cât nu se construiau nave foarte mari, acest fenomen nu se manifesta cu o astfel de forță. Când apele oceanelor au început să fie brăzdate de „orașele plutitoare”, fenomenul de atracție a navelor a devenit mult mai vizibil; de el țin seama comandanții navelor militare în timpul manevrelor.

Multe dintre accidentele navelor mici care au navigat în vecinătatea celor mari de pasageri și a celor militare au avut loc, probabil, din aceeași cauză.

Cum se explică oare această atracție? Desigur că aici nici nu poate fi vorba de atracție după legea atracției universale a lui Newton; noi am văzut deja (cap. 4) că această atracție este foarte mică. Cauza fenomenului este de un gen cu totul diferit și se explică prin legile de curgere a lichidelor în tuburi și canale. Se poate demonstra că, dacă lichidul curge printr-un canal care se îngustează și se lărgește, atunci în părțile înguste ale canalului el curge mai repede și presează asupra pereților canalului mai puțin decât în locurile largi, unde curge liniștit și presează asupra pereților mai mult (așa-numitul *principiu al lui Bernoulli*).

Același lucru este valabil și pentru gaze. În studiul gazelor, acest fenomen poartă denumirea de efect Clement-Desormes, după numele fizicienilor care l-au descoperit, și este denumit adesea paradox aerostatic. După cum se spune, acest fenomen a fost descoperit pentru prima dată întâmplător în următoarele împrejurări. Într-una din minele franceze, unui muncitor i s-a ordonat să astupe cu un panou deschizătura galeriei la zi exterioare prin care intra în mină aerul comprimat. Muncitorul a luptat mult timp cu fluxul de aer care pătrunde în mină, dar pe neașteptate panoul a astupat singur galeria cu o astfel de forță, încât dacă panoul era insuficient de mare, el ar fi fost atras în gura de ventilație împreună cu muncitorul speriat. De altfel, prin această particularitate de scurgere a gazelor se explică și funcționarea pulverizatorului, Când suflăm (fig. 67) în brațul a care se îngustează la capăt, atunci aerul, trecând în partea îngustată, își reduce presiunea. Astfel, deasupra tubului b este aer cu presiune scăzută și de aceea presiunea atmosferei forțează lichidul din pahar să se ridice în tub; lângă deschizătură, lichidul nimerește în jetul de aer suflat și se pulverizează în el.

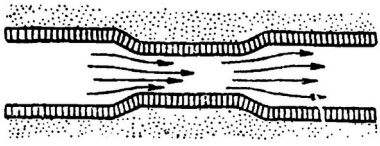


Fig. 66 — În părțile înguste ale canalului apa curge mai repede și apasă pe pereți mai puțin decît în cele largi.

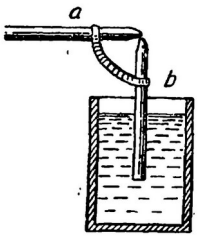


Fig. 67 — Principiul pulverizatorului.

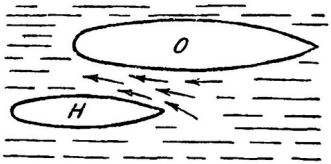


Fig. 68 — Curentul de apă între două nave aflate în mişcare.

Vom înțelege acum în ce constă cauza atracției exercitate între nave. Când două vapoare navighează paralel, între ele se formează un fel de canal de apă. În canalul obișnuit, pereții acestuia sunt imobili, mișcându-se doar apa; aici însă lucrurile stau altfel: este imobilă apa, mișcându-se pereții. Dar aceasta nu schimbă de loc acțiunea forțelor: în locurile înguste ale canalului mobil, apa apasă mai slab asupra pereților decât în spațiul din jurul vapoarelor. Cu alte cuvinte, acele laturi ale vapoarelor care mărginesc canalul sunt supuse unei presiuni mai mici decât laturile opuse. Ce se întâmplă din această cauză? Navele sunt împinse una spre cealaltă de presiunea apei înconjurătoare și este firesc ca nava cu volumul mare să pară aproape nemișcată. Iată de ce această atracție este deosebit de puternică atunci când o navă mare trece repede pe lângă una mică.

Astfel, forța de atracție a navelor este un rezultat al acțiunii de absorbție a apei curgătoare. Tot așa se explică și pericolul pe care-l prezintă pentru înotători curenții iuți și vârtejurile de apă. Se poate calcula că pentru viteza moderată de 1 m pe secundă curentul de apă absoarbe corpul omenesc cu o forță de 30 kg! Nu este chiar atât de ușor să opui rezistență unei astfel de forțe mai ales în apă, unde greutatea proprie a corpului nostru nu ne ajută să ne menținem stabilitatea. Și, în sfârșit, forța de atracție a unui tren care se deplasează rapid se explică tot prin principiul lui Bernoulli: dacă trenul se mișcă cu o viteză de 50 km pe oră, el îl atrage pe omul aflat în apropiere cu o forță de aproximativ 8 kg.

Deși fenomenele legate de *principiul lui Bernoulli* sunt destul de dese, ele sunt puțin cunoscute în cercurile neinițiate. De aceea credem că este necesar să ne oprim mai mult asupra examinării lui. Dăm mai jos un fragment dintr-un articol de popularizare care tratează această temă și care a fost scris de profesorul B. Franklin pentru o revistă de știință popularizată.

PRINCIPIUL LUI BERNOULLI ȘI URMĂRILE LUI

Principiul enunțat pentru prima dată de Daniel Bernoulli în anul 1726 sună astfel: într-un curent de apă sau de aer, presiunea este mare dacă viteza este mică și presiunea este mică dacă viteza este mare. Există anumite limite ale acestui principiu, dar asupra acestora nu ne vom opri aici.

Prin tubul AB se suflă aer. Dacă secțiunea tubului este mică, ca în punctul a, atunci viteza aerului este mare; acolo însă unde secțiunea este mare, ca în tubul b, viteza aerului este mică. Acolo unde viteza este mare, presiunea este mică, iar acolo unde viteza este mică, este

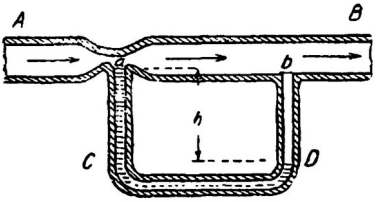


Fig. 69 — Ilustrarea principiului lui Bernoulli. În partea îngustă (*a*) a tubului *AB* presiunea este mai mică decît în cea largă (*b*).

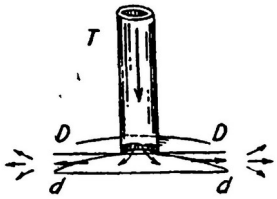


Fig. 70 — Experiența cu discurile.

mare presiunea. Datorită valorii mici a presiunii în a, lichidul din tubul C se ridică; în același timp, presiunea mare a aerului în b forțează lichidul să coboare în tubul D.

În figura 70, tubul T este fixat de discul de cupru DD; aerul este suflat prin tubul T și mai departe pe lângă discul liber dd[1]. Între cele două discuri aerul are o viteză mare, dar această viteză scade repede pe măsură ce se apropie de marginile discurilor, pentru că secțiunea fluxului de aer crește repede și este învinsă inerția aerului care se scurge din spațiul dintre discuri.

[1] *Aceeași experiență poate fi simplificată, folosind în acest scop un mosorel și un cerc decupat din hârtie. Ca cercul să nu alunece într-o parte, el trebuie străpuns cu. Un ac. Care trece prin canalul mosorelului.*

Dar presiunea aerului care înconjoară discul este mare pentru că viteza este mică, iar presiunea aerului între discuri este mică pentru că viteza este mare. De aceea aerul care înconjoară discul are o acțiune mai puternică asupra discurilor, căutând să le apropie, decât curentul de aer dintre discuri, care caută să le depărteze; ca rezultat, discul dd se alipește de discul DD cu atât mai mult, cu cât este mai puternic curentul de aer în T.

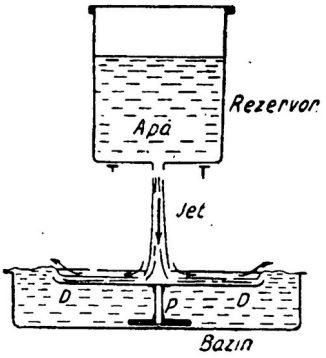


Fig. 71 — Discul *DD* se ridică pe tija *P* cînd pe el cade un curent de apă din rezervor.

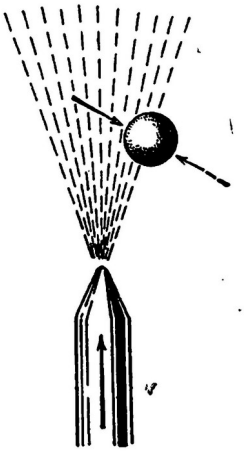


Fig. 72 — O sferă menținută sus de jetul de aer.

Figura 71 este analogă figurii 70, doar că aici este folosită apa. Apa care se mișcă rapid pe discul DD se află la un nivel scăzut și se ridică singură până la nivelul mai înalt al apei liniștite din bazin, când ocolește marginile discului. De aceea presiunea apei liniștite de sub disc este mai mare decât cea a apei de deasupra discului, aflată în mișcare, și, ca rezultat, discul se ridică. Tija P nu permite deplasările laterale ale discului.

În figura 72 este reprezentată o sferă ușoară care plutește în jetul de aer. Jetul de aer lovește sfera și nu-i permite să cadă. Când sfera iese din raza de acțiune a jetului, aerul înconjurător o forțează să se înapoieze, pentru că presiunea aerului înconjurător (care are o viteză mică) este mare, iar presiunea aerului în jetul cu viteză mare este mică.

În figura 73 sunt reprezentate două nave care navighează alături în apa liniștită sau, ceea ce este același lucru, două nave apropiate încercuite de apă. Fluxul este îngustat în spațiul dintre nave și în acest spațiu viteza apei este mai mare decât de-a lungul celorlalți pereți ai navelor. De aceea între nave presiunea apei este mai mică decât în părțile opuse; presiunea mai mare a apei care înconjură navele face ca ele să se apropie. Marinarii știu foarte bine că două nave care navighează alături sunt puternic atrase una de cealaltă.

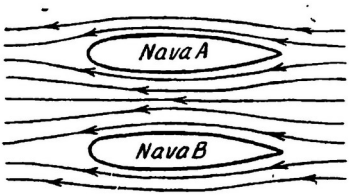


Fig. 73 — Două nave care navighează paralel se atrag parcă.

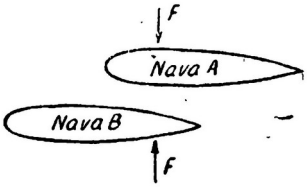


Fig. 74 — Nava *B* tinde să se răsucească cu prora spre nava *A* în condițiile deplasării înainte a celor două nave.

Consecințele pot fi mai neplăcute dacă o navă o urmează pe cealaltă, așa cum este reprezentat în figura 74. Cele două forțe F, care apropie navele, caută să le răsucească; nava B se întoarce spre A cu o forță mare. În astfel de cazuri, ciocnirea este aproape inevitabilă, deoarece cârma nu reușește să schimbe la timp direcția de deplasare a navei.

Fenomenul descris în legătură cu figura 73 poate fi demonstrat suflându-se aer între două mingi ușoare de cauciuc, suspendate așa cum este arătat în figura 75. Dacă între ele se suflă aer, mingile se apropie și se ciocnesc una de alta.

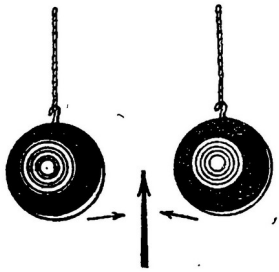


Fig. 75 — Dacă între două sfere ușoare se suflă aer, ele se apropie pînă se ating.

ROLUL VEZICII AERIENE LA PEȘTI

Despre rolul vezicii aeriene la pești se vorbește și se scrie, de obicei s-ar părea că pe bună dreptate, următoarele. Pentru a se ridica de la adâncime în straturile superioare ale apei, peștele își umflă vezica aeriană; atunci volumul corpului lui se mărește, greutatea volumului de apă dislocată devine mai mare decât propria-i greutate și, conform legii plutirii, peștele se ridică la suprafață. Pentru a înceta urcușul sau pentru a coborî, peștele își contractă vezica aeriană. Astfel volumul corpului și, cu aceasta, greutatea apei dislocate scad și peștele coboară la fund, conform legii lui Arhimede.

O astfel de simplificare a explicației, a rolului pe care-l are vezica aeriană își trage originea încă de la savanții Academiei florentine (secolul al XVIII-lea) și a fost formulată de profesorul Borrelli în 1685. Timp de peste 200 de ani această explicație a fost acceptată fără a fi combătută, și-a găsit un loc trainic în manualele școlare și numai prin

strădania unor noi cercetători (Moreau, Charbonnel) această teorie a a fost infirmată.

Este incontestabil faptul că vezica are o legătură strânsă cu deplasarea peștilor, pentru că peștilor cărora li s-a extirpat vezica pentru cercetări puteau rămâne în apă numai, mișcându-și energic aripioarele și cădeau la fund îndată ce întrerupeau această mișcare. Care este însă rolul ei adevărat? El este foarte limitat: vezica ajută doar peștii să rămână la o anumită adâncime, și anume la aceea unde greutatea apei dislocate de pește este egală cu greutatea peștelui însuși. Când însă peștele, mișcându-și aripioarele, coboară sub acest nivel, atunci corpul lui, suferind din partea apei o presiune exterioară mare, se contractă, comprimându-și vezica, greutatea volumului de apă dislocată scade și devine mai mică decât greutatea peștelui și atunci el cade rapid spre fund. Cu cât coboară mai mult, cu atât presiunea apei devine mai mare (cu o atmosferă pentru fiecare 10 m), cu atât mai mult este presat corpul peștelui și cu atât mai rapidă devine coborârea.

Același lucru, dar în direcție opusă, are loc atunci când peștele părăsește stratul în care se afla în echilibru și se deplasează cu ajutorul aripioarelor în straturile așezate mai sus. Corpul lui, eliberat de o parte din presiunea exterioară și presat, ca și înainte, din interior de vezica aeriană (în care presiunea gazului se află până în acel moment în echilibru cu presiunea apei înconjurătoare), crește ca volum și de aceea se ridică mai sus. Cu cât peștele se ridică mai sus, cu atât mai mult i se umflă corpul și, prin urmare, cu atât mai repede are loc mișcarea lui în sus. Peștele nu poate împiedica acest lucru prin „contractarea vezicii”, pentru că pereții acesteia sunt lipsiți de fibre musculare care să-i poată schimba în mod activ volumul.

Dilatarea pasivă a volumului corpului la pești este confirmată cu ajutorul următoarei experiențe (fig. 76). Oblețul în stare de narcoză este așezat într-un vas închis umplut cu apă, în care este menținută o presiune mărită, apropiată de cea existentă la o anumită adâncime într-un bazin natural.

La suprafața apei, peștișorul rămâne inert cu burta în sus. Cufundat ceva mai mult, el se ridică din nou la suprafață. Plasat mai aproape de fund, cade. Dar în spațiul dintre ambele niveluri există un strat de apă în care peștișorul rămâne în echilibru: nici nu cade la fund și nici nu se ridică la suprafață. Toate acestea sunt ușor de înțeles dacă ne amintim

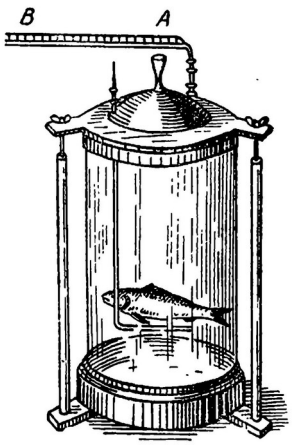


Fig. 76 — Experiența cu oblețul.

despre dilatarea și compresiunea pasivă a vezicii aeriene despre care s-a vorbit mai sus.

Astfel, contrar părerilor răspândite, peștele nu-și poate mări sau reduce după plac vezica aeriană. Variațiile volumului lui au loc pasiv, sub acțiunea presiunii exterioare mai mari sau mai mici (conform legii Boyle-Mariotte). Aceste variații ale volumului nu numai că nu-i sunt utile peștelui, dar ele îi și dăunează, pentru că duc ori la căderea accelerată la fund, ori la ridicarea tot atât de rapidă la suprafață. Cu alte cuvinte, vezica îl ajută pe pește să-și păstreze echilibrul în stare de repaus, dar acest echilibru este instabil.

Iată rolul adevărat al vezicii aeriene atunci când este vorba de înot; nu se știe dacă ea mai are și alte funcții și care anume în organismul peștelui, rămânând deocamdată o enigmă nedezlegată, astfel încât putem considera că în prezent se cunoaște pe deplin doar rolul ei hidrostatic.

Observațiile pescarilor confirmă cele spuse. În timpul pescuitului la adâncimi mari, se întâmplă ca unii pești să se elibereze la jumătatea drumului, dar, contrar așteptărilor, nu mai coboară în adâncurile din care au fost scoși, ci, dimpotrivă, se ridică fulgerător la suprafață. La asemenea pești se observă uneori cum vezica iese pe gură.

UNDE ȘI VÂRTEJURI

Multe dintre fenomenele fizice cotidiene nu pot fi explicate pe baza legilor elementare ale fizicii. Chiar un fenomen atât de des observat ca unduirea apelor mării în zilele cu vânt nu poate fi explicată pe deplin în cadrul unui curs de fizică școlar. Dar cum iau naștere undele care diverg din fața vaporului care taie apele liniștite? De ce flutură steagurile în zilele cu vânt? De ce nisipul de pe malul mării se așază în valuri ușoare? De ce se învolburează fumul care iese din coșurile uzinei?

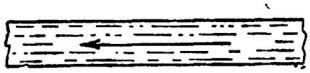


Fig. 77 — Curgerea liniștită, *laminară*, a lichidului în conductă.

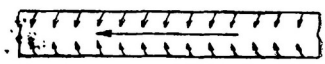


Fig. 78 — Curgerea *turbulentă*, *turbionară*, a lichidului în conductă.

Pentru a explica acest fenomen și altele asemănătoare, trebuie să cunoaștem particularitățile așa-numitei mișcări turbionare a lichidelor și gazelor. Vom încerca să vorbim aici puțin despre fenomenele turbionare și să subliniem caracteristicile lor principale, pentru că în manualele școlare ele sunt amintite doar în treacăt.

Să ne imaginăm un lichid care curge printr-o conductă. Dacă toate

particulele de lichid se deplasează de-a lungul ei pe linii paralele, atunci avem de-a face cu forma de mișcare cea mai simplă: liniștită sau, cum o denumesc fizicienii, curgere laminară. Dar acesta nu este cazul cel mai des întâlnit. Dimpotrivă, de cele mai dese ori lichidele nu curg liniștit prin conducte; dinspre pereții lor spre axă se formează niște vârtejuri. Este mișcarea turbionară sau turbulenta. Așa curge, de exemplu, apa prin țevile înguste unde curgerea este laminară. Curgerea turbulentă se constată ori de câte ori viteza de curgere a lichidului respectiv într-o conductă cu diametrul dat atinge o anumită valoare, așa-numita viteză critică[1].

[1] *Pentru un lichid oarecare, viteza critică este direct proporțională cu viscozitatea lichidului și invers proporțională cu densitatea lui și cu diametrul țevii prin care curge lichidul.*

Vârtejurile lichidului care curge prin țeavă pot fi făcute vizibile pentru ochi dacă în lichidul transparent care curge printr-un tub de sticlă se introduce puțină pulbere ușoară, de exemplu de licopodiu. Atunci se disting cu ușurință. Vârtejurile care merg dinspre pereții tubului spre axa acestuia.

Această particularitate a curgerii turbulente este folosită în tehnică la construirea frigiderelor și a răcitoarelor. Lichidul care curge turbulent în tubul cu pereții răciți își pune mult mai repede particulele în contact cu pereții reci decât atunci când mișcarea este liniștită; nu trebuie să uităm că lichidele sunt rău conducătoare de căldură și, dacă nu sunt amestecate, se răcesc și se încălzesc foarte încet. Schimbul de căldură și de substanțe între sânge și țesuturile pe care le alimentează este de asemenea posibil doar pentru că curgerea sângelui în vasele sanguine este turbulentă și nu laminară. Cele spuse despre conducte se referă în mod egal la canalele descinse și la albiile râurilor: în canale și în râuri, apa curge turbulent. La măsurarea exactă a vitezei de curgere a râului, instrumentul indică pulsații, mai ales, în apropiere de fund: pulsațiile indică variația permanentă a direcției de curgere, adică vârtejuri. Particulele de apă ale râurilor nu se deplasează numai de-a lungul albiei, cum își imaginează de obicei cei mai mulți, ci și dinspre maluri spre mijloc. De aceea este greșită afirmația că la fundul râului temperatura apei este constantă în tot cursul anului, și anume de +4°C; prin amestecare, temperatura apei curgătoare în vecinătatea fundului râului (nu a lacului) este aceeași ca la suprafață.

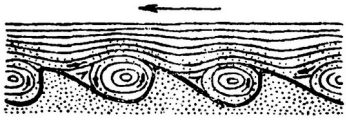


Fig. 79 — Formarea valurilor de nisip pe malul mării prin acțiunea vîrtejurilor de apă.

Fig. 80 — Mișcarea ondulatorie a frînghiei în apa curgătoare se datorește formării vîrtejurilor.

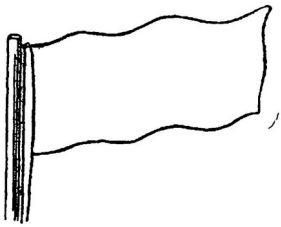


Fig. 81 — Un steag ce flutură în vînt.

Vârtejurile care se formează la fundul râului antrenează cu ele nisipul ușor, formând astfel „valuri“ de nisip. Același lucru poate fi văzut și pe malul mării, unde nisipul este spălat de valuri (fig. 78). Dacă în vecinătatea fundului curgerea apei ar fi liniștită, atunci nisipul de pe fundul albiei râului ar forma o suprafață netedă.

Astfel, în apropierea suprafeței corpului spălat de ape se formează vârtejuri. Existența lor ne este indicată, de exemplu, de frânghia așezată în lungul cursului apei și care șerpuiește ca în figura 80 (un capăt al frânghiei este legat, iar celălalt lăsat liber). Ce se întâmplă aici? Bucata de frânghie în apropierea căreia s-a format un vârtej este antrenată de acesta; dar în momentul următor acest sector este cuprins deja de un alt vârtej cu sens opus, de aici șerpuirea frânghiei (fig. 80).

De la lichide să trecem la gaze, de la apă la aer. Cine nu a văzut cum vârtejurile de aer antrenează praful, paiele etc. De pe pământ? Acestea sunt manifestări ale curgerii turbulente a aerului de-a lungul suprafeței Pământului. Iar atunci când aerul circulă de-a lungul suprafeței apei, în locurile de formare a vârtejurilor, datorită faptului că aici scade presiunea aerului, apa se ridică ca o cocoașă: se formează valul. Aceeași este cauza formării valurilor de nisip în deserturi și pe pantele dunelor (fig. 82).

Fig. 82 — Suprafața ondulată a nisipurilor din deșert.

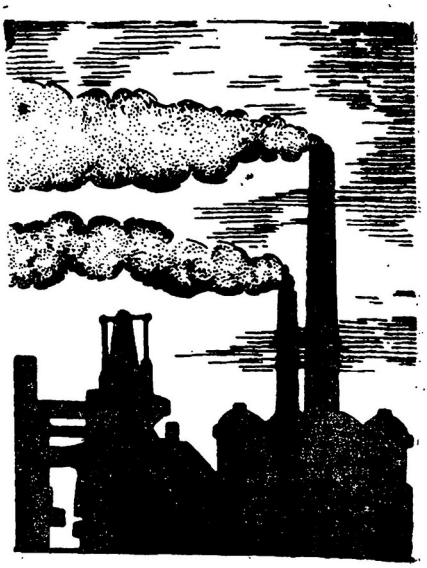


Fig. 83 — Valurile de fum care ies din coșurile uzinelor.

Acum este ușor de înțeles de ce flutură steagul în vânt; cu el lucrurile se petrec ca și cu frânghia în apa curgătoare. Placa rigidă a giruetei nu-și păstrează neschimbată poziția în zilele cu vânt, ci se mișcă mereu, supunându-se capriciilor vârtejurilor. Aceeași origine turbionară au și valurile de fum care ies din coșurile fabricilor: gazele formate prin ardere se scurg prin coș într-o mișcare turbulentă, care, prin inerție, continuă câtva timp și dincolo de pereții coșului (fig. 83).

Mare este importanța mișcării turbulente a aerului pentru aviație. Aripile avionului se construiesc astfel încât locul unde aerul de sub aripă se rarefiază să fie umplut cu substanța aripii, iar acțiunea turbulentă de deasupra aripii se intensifică. Ca rezultat, aripa este susținută dedesubt, iar în partea de sus este asigurată (fig. 84). Fenomene asemănătoare au loc și la plutirea în aer a păsării cu aripile întinse.

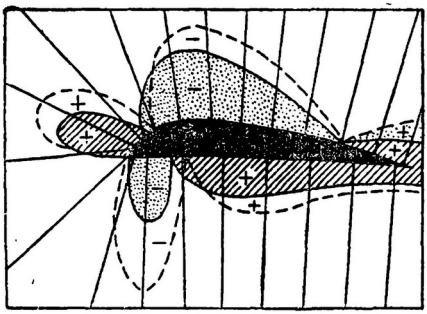


Fig. 84 — Forțele care acționează asupra aripii avionului. Distribuția presiunilor (+) și a rarefierilor (—) aerului de-a lungul aripii, constatată pe bază experimentală. Ca rezultat al tuturor forțelor aplicate, de susținere și de aspirare, aripa este antrenată în sus. (Liniile pline arată distribuția presiunilor; liniile punctate același lucru, cînd viteza de zbor crește brusc.)

Cum acționează vântul care suflă asupra acoperișului? Vârtejurile creează deasupra acoperișurilor porțiuni cu aer rarefiat; căutând să egalizeze presiunea, aerul de sub acoperiș, antrenat în sus, apasă asupra acestuia. În final are loc ceea ce, din păcate, se observă destul de des: acoperișul ușor, nefixat bine, este smuls de vânt. Tot din această cauză, geamurile mari ale ferestrelor plesnesc, când sufla un vânt mai mare, din interior spre exterior (și nu invers).

Dar aceste fenomene se explică mai simplu prin reducerea presiunii în aerul aflat în mișcare (vezi mai sus „Principiul lui Bernoulli“). Când două fluxuri de aer cu temperatură și umiditate diferite curg unul de-a lungul celuilalt, în fiecare dintre ele se produc vârtejuri. Formele variate ale norilor se explică în mare măsură prin această cauză.

Vedem deci cât de larg este cercul de fenomene care e legat de curenții turbulenți.

O CĂLĂTORIE SPRE CENTRUL PĂMÂNTULUI

Niciun om n-a pătruns încă în adâncul Pământului mai mult de 3,3 km, în timp ce raza globului pământesc este de 6 400 km. Până la centrul Pământului rămâne încă o cale foarte lungă. Cu toate acestea, inventivul Jules Verne și-a coborât eroii la o mare adâncime spre centrul Pământului. Este vorba de profesorul Lidenbrock și de nepotul său Axel. În romanul *O călătorie spre centrul Pământului*, el a descris uimitoarele aventuri ale acestor călători subterani. Printre curiozitățile întâmpinate aici era, de altfel, și creșterea densității aerului. Pe măsură ce urcăm, aerul se rarefiază foarte repede: densitatea lui scade în progresie

geometrică, în timp ce înălțimea de ridicare crește în progresie aritmetică. Dimpotrivă, coborând sub nivelul oceanului, sub presiunea straturilor de deasupra, aerul trebuie să devină tot mai dens. Desigur că au remarcat acest lucru călătorii subterani ai lui Jules Verne.

Iată ce discuție a avut loc între savant și nepotul acestuia la o adâncime de 12 leghe (48 km) sub pământ.

„—Și acum cercetează manometrul. Ce arată?

— O presiune foarte mare.

— Bine. Coborând încetișor, ne-am obișnuit puțin câte puțin cu densitatea acestei atmosfere și de aceea nu ne mai supără de loc.

— E adevărat, doar că uneori mai simt dureri în urechi.

— Asta nu-i nimic; poți face să înceteze durerile respirând mai des. În chipul acesta pui în comunicație aerul din afară cu cel din plămâni.

— Strașnic! am strigat eu, fiind cu totul hotărât să nu-l mai contrazic. De altfel e o adevărată plăcere să te simți cufundat într-o atmosferă mai densă. N-ai observat cu ce intensitate se propagă sunetul?

— Ba cum să nu! Până și un surd ar auzi aici. Și încă perfect!…

— Și această densitate va crește, nu-i așa?

— Da, conform unei legi prea puțin fixe. Dar tot atât de adevărat e că intensitatea presiunii va descrește pe măsură ce vom coborî. Doar știi singur că apăsarea atmosferei e mai mare la suprafața pământului și că în centrul globului obiectele nu mai au greutate.

— Știu, dar spune-mi, te rog, aerul acesta nu va sfârși prin a căpăta densitatea apei?

— Desigur, sub presiunea a 710 atmosfere.

— Și dacă vom coborî mai jos?

— Atunci densitatea va crește și mai mult.

— Și-n cazul acesta cum coborâm?

— Foarte simplu. O să ne punem pietre în buzunar.

— Drept să spun, unchiule, mă uimești; dumneata găsești răspuns la orice întrebare.

N-am îndrăznit să merg mai departe pe tărâmul ipotezelor, căci m-aș fi lovit de altă imposibilitate, care l-ar fi făcut pe profesor să sară în sus. Era însă destul că, la o presiune care putea atinge mai multe mii de atmosfere, aerul va sfârși prin a trece în stare solidă, și atunci, admițând chiar că corpurile noastre ar rezista, vom fi nevoiți să ne oprim, în ciuda tuturor raționamentelor din lume“.

FANTEZIE ȘI MATEMATICĂ

Așa ne povestește romancierul, dar tabloul se schimbă dacă verificăm faptele despre care se vorbește în acest fragment. Pentru

aceasta nu este nevoie să coborâm spre centrul Pământului; pentru mica noastră excursie în domeniul fizicii este suficient să dispunem de hârtie și de creion.

Încercăm înainte de toate să stabilim la ce adâncime trebuie să coborâm pentru ca presiunea atmosferică să crească cu a 1 000-a parte. Presiunea atmosferică normală este egală cu greutatea unei coloane de mercur de 760 mm. Dacă am fi fost scufundați în mercur și nu în aer, atunci ar fi trebuit să coborâm doar cu $\frac{760}{1000} = 0,76\,mm$ ca presiunea să crească cu o miime. Este de la sine înțeles că în aer trebuie să coborâm la o adâncime mult mai mare, și anume de atâtea ori de câte ori aerul este mai ușor decât mercurul: de 10 500 de ori. Prin urmare, pentru ca presiunea să crească cu o a 1 000-a parte din cea normală, trebuie să coborâm cu 0,76 X 10 500, adică cu aproape 8 m. La fiecare coborâre cu 8 m, presiunea crește cu o miime din mărimea sa[1].

[1] Următorul strat de 8m de aer este mai dens decât cel precedent, de aceea plusul de presiune va fi mai mare în valoare absolută decât în stratul precedent. Dar el și trebuia să fie mai mare, pentru că aici se ia a 1 000-a parte din valoarea cea mai mare.

Oricare ar fi nivelul la care ne-am afla – lângă „plafonul lumii“ (22 km), pe culmile muntelui Everest (9 km) sau în apropierea suprafeței oceanului – trebuie să coborâm cu 8 în pentru ca presiunea atmosferică să crească cu o miime din valoarea inițială. Prin urmare, se obține următorul tabel de creștere a presiunii aerului o dată cu adâncimea:

— la nivelul Pământului, presiunea 760 mm = normală
— la adâncimea de 8m presiunea = 1,001 din normală
— la adâncimea de 2 x 8m presiunea = $(1,001)^2$ din normală
— la adâncimea de 3 X 8m presiunea = $(1,001)^3$ din normală
— la adâncimea de 4 X 8m presiunea = $(1, 001)^4$ din normală

Și, în general, la adâncimea de n X 8 m, presiunea atmosferică este mai mare decât cea normală de $(1,001)^n$ ori și, atât timp cât presiunea nu este prea mare, tot de atâtea ori va crește și densitatea aerului (legea lui Mariotte).

Menționăm că în cazul de față este vorba, după cum se vede din roman, despre o coborâre în adâncurile Pământului cu numai 48 km, de aceea slăbirea forței de gravitație și, legat de aceasta, scăderea greutății aerului pot fi neglijate.

Acum se poate calcula cu aproximație cât de mare era presiunea pe care o suportau călătorii lui Jules Verne la adâncimea de 48 km (48 000

$$n = \frac{48000}{8} = 6000$$

m). În formula noastră . Trebuie să calculăm $1{,}001^{6000}$ Deoarece a înmulți 1,001 de 6 000 de ori cu el însuși este o ocupație destul de plictisitoare și care necesită prea mult timp, ne vom servi de logaritmi, despre care Laplace a spus pe buna dreptate ca ei, reducând cantitatea de muncă, dublează viața calculatorilor[1].

[1] *Cei care din școală încă au un oarecare resentiment față de tabelele de logartimi își vor revizui, poate, această atitudine când vor citi caracterizarea făcută de marele astronom francez. Iată pasajul respectiv din Expunerea sistemului universal. „Descoperirea logaritmilor, reducând calculele care necesitau luni de zile la o muncă de numai câteva zile, dublează parcă viața astronomilor și-i absolvă de greșelile și de oboseala care însoțesc în mod inevitabil astfel de calcule. Această descoperire face cu atât mai mult cinste creierului omenesc, cu cât ea este în întregime un rod al acestui izvor (adică al creierului). Pentru a-și spori puterea, omul folosește în tehnică materialele și forțele oferite de natura înconjurătoare; în logaritmi însă, totul este. Un rezultat al propriului lui creier”.*

Logaritmând, obținem că logaritmul necunoscutei este egal cu

6 000 X lg 1,001 = 6 000 X 0,00043 = 2,6.

Cu ajutorul logaritmului 2,6 găsim numărul căutat: el este egal cu 400.

Astfel, la o adâncime de 48 km, presiunea atmosferică este de 400 de ori mai mare decât cea normală; după cum au arătat experiențele, la o astfel de presiune densitatea aerului devine de 315 ori mai mare. De aceea este îndoielnică afirmația călătorilor noștri că ei nu simt decât „dureri în urechi”... Dar în romanul lui Jules Verne se spune că oamenii au coborît la adâncimi și mai mari: la 120 și chiar la 325 km. La o astfel de adâncime presiunea aerului ar fi trebuit să atingă valori uriașe; omul însă nu poate suporta, fără pericol pentru sănătatea lui, mai mult de 3—4 atmosfere.

Dacă am calcula cu ajutorul aceleiași formule adâncimea la care aerul devine tot atât de dens ca și apa, adică de 770 de ori mai dens, atunci am obține valoarea de 53 km. Dar rezultatul acesta nu e corect, pentru că la presiuni mari densitatea gazului nu mai este proporțională cu presiunea. Legea lui Mariotte este valabilă doar pentru valorile nu prea mari ale presiunilor, care nu depășesc o sută de atmosfere.

Iată datele despre densitatea aerului obținute pe cale experimentală:

Presiunea	Densitatea
200 atmosfere	190
400 atmosfere	315
600 atmosfere	387

1 500 atmosfere	513
1 800 atmosfere	540
2 100 atmosfere	564

După cum vedem, creșterea densității rămâne cu mult în urma creșterii presiunii. Prin urmare, Jules Verne aștepta zadarnic să atingă adâncimea la care aerul este mai dens decât apa, pentru că aerul capătă densitatea apei numai la o presiune de 3 000 de atmosfere, iar mai departe nu se mai comprimă aproape de loc. Iar despre trecerea aerului în stare solidă doar prin creșterea presiunii fără răcire puternică (sub – 146°C), nici nu poate fi vorba.

Trebuie totuși să nu uitam că romanul de mai sus al lui Jules Verne a apărut cu mult înainte de a se cunoaște faptele menționate de noi. Aceasta justifică eroarea autorului.

Recurgem încă o dată la formula de mai sus pentru a calcula adâncimea maximă a minei în care poate rămâne un om fără a-și periclita sănătatea. Presiunea atmosferică maximă pe care o poate suporta organismul nostru este de 3 atmosfere. Notând cu x adâncimea căutată a minei, obținem ecuația

$(1{,}001)^{\frac{x}{8}}=3$, de unde (logaritmând) îl calculăm pe x. Obținem x = 8,9 km, adică aproape 9 km. Dacă ar seca dintr-o dată Oceanul Pacific, atunci oamenii ar putea locui aproape pe întregul întins al fundului lui.

ÎNTR-O MINĂ ADÂNCĂ

Cine s-a apropiat cel mai mult de centrul Pământului (nu în fantezia romancierului, ci în realitate)? Bineînțeles că minerii. Știm deja (vezi capitolul 4) că mina cea mai adâncă din lume se găsește în Africa de sud. Ea are o adâncime de peste 3 km. Aici nu se are în vedere adâncimea la care s-a ajuns cu ajutorul sapei de foraj și care atinge 7,5 km, ci adâncimea la care au pătruns înșiși oamenii. Iată ce povestește, de exemplu, despre mina Morro Velho (cu adâncimea de 2 300 m) scriitorul francez L. Durtin, care a vizitat-o personal:

„Cunoscutele mine de aur Morro Velho se află la 400 km de Rio de Janeiro. După o călătorie de 16 ore cu trenul printr-o regiune stâncoasă, coborâți într-o vale adâncă, înconjurată de junglă. Aici compania engleză exploatează zăcămintele aurifere la o adâncime la care omul nu a mai coborât niciodată până acum.

Vâna de aur este plasată oblic și coboară spre adâncime. Mina este așezată de-a lungul ei, formând șase nivele. Vertical sunt așezate puțurile, orizontal tunelurile. Pentru societatea modernă este foarte

caracteristic faptul că mina cea mai adâncă săpată în scoarța Pământului – încercarea cea mai îndrăzneață a omului de a pătrunde în adâncurile planetei noastre – este un rezultat al căutării febrile a aurului.

Puneți-vă haina de protecție. Atenție: cea mai mică pietricică căzută în puț vă poate răni. Vom fi însoțiți de unul dintre „căpitanii" minei. Pătrundeți în primul tunel, care este bine luminat. Sunteți cuprins de un tremur, datorat unui vânt rece de 4°C: este efectul ventilației instalate pentru condiționarea aerului în nivelurile inferioare ale minei.

După ce ați coborât într-o colivie de metal cei 700 m ai primului puț, ajungeți în cel de-al doilea tunel. Coborâți în cel de-al doilea puț; aerul devine mai cald. Vă aflați deja sub nivelul mării..

Începând cu următorul puț, aerul vă frige obrazul. Inundați de sudoare, aplecați sub tavanul jos, porniți în direcția din care se aude vuietul mașinilor de sfredelit. Într-un nor dens de praf lucrează oameni goi; sudoarea curge gârlă, damigeana de apă circulă neîncetat din mână în mână. Nu atingeți bucățile de minereu desprinse chiar acum: temperatura lor este de 57°C.

Și care este rezultatul acestei realități îngrozitoare, monstruoase? — Aproximativ 10 kg de aur pe zi...".

Descifrând condițiile fizice de la fundul minei și gradul de exploatare al muncitorilor de aici, scriitorul francez menționează temperatura înaltă fără a pomeni nimic despre presiunea crescută a aerului. Să calculăm care este această presiune la adâncimea de 2 300 m. Dacă temperatura ar rămâne aceeași că la suprafața Pământului, atunci, în conformitate cu formula care ne este deja cunoscută, densitatea aerului ar crește de

$$(1{,}001)^{\frac{2300}{8}} = 1{,}33 \text{ ori}$$

În realitate însă temperatura nu rămâne constantă, ci crește.

De aceea densitatea aerului crește mai puțin. În ultima instanță, aerul de la fundul minei diferă, în ce privește densitatea, de aerul de la suprafața Pământului cu puțin mai mult decât aerul unei zile calde de vară de aerul rece al iernii. Înțelegem acum de ce acest fenomen nu a fost observat de vizitatorul minei.

În schimb, o mare importanță are umiditatea mare a aerului din minele atât de adânci; această umiditate face ca, la o temperatură înaltă, rămânerea în mină să devină imposibilă. Într-una din minele sud africane (Johannesburg), cu adâncimea de 2 553 m, umiditatea aerului la 50°C devine de 100%; în prezent aici se amenajează așa-numita „climă artificială", iar acțiunea de răcire a instalației este echivalentă cu

cea a 2 000 de tone de gheață.

SPRE MARILE ÎNĂLȚIMI CU STRATOSTAȚELE

În paragrafele de mai sus am întreprins călătorii imaginare spre centrul Pământului, și aceasta cu ajutorul formulei care dă presiunea aerului în funcție de adâncime. Vom încerca să ne înălțăm deasupra planetei noastre și, folosind aceeași formulă, să vedem cum variază presiunea aerului la înălțimi mari. Pentru acest caz, formula devine

$$p = 0{,}999^{\frac{h}{8}}$$

unde p este presiunea în atmosfere și h înălțimea în metri. Aici fracția 0,999 a înlocuit pe 1,001 pentru că la deplasarea în sus cu 8 în presiunea nu crește, ci scade cu 0,001.

Pentru început rezolvăm următoarea problemă: cât de sus trebuie să ne înălțăm pentru ca presiunea aerului să se micșoreze de două ori?

Pentru aceasta, înlocuim p cu valoarea 0,5 și calculăm h. Obținem ecuația

$0{,}5 = 0{,}999^{\frac{h}{8}}$, a cărei rezolvare nu prezintă nicio greutate pentru cititorii obișnuiți să folosească logaritmii. Răspunsul, h = 5,6 km, dă înălțimea la care presiunea atmosferică ar trebui să scadă la jumătate.

Ne înălțăm acum și mai sus, la 19 și 22 km. Aceste straturi atmosferice se află deja în regiunea „stratosferei“. De aceea și baloanele care sunt lansate la aceste înălțimi nu se mai numesc aerostate, ci „*stratostate*“.

Încercăm să calculăm care este presiunea atmosferică la aceste înălțimi.

Pentru înălțimea de 19 km găsim că presiunea aerului trebuie să fie:

$$0{,}999^{\frac{19000}{8}} = 0{,}095\,atm = 72\,mm$$

Pentru înălțimea de 22 km:

$$0{,}999^{\frac{22000}{8}} = 0{,}066\,atm = 50\,mm$$

Dar, examinând însemnările celor ce s-au ridicat cu stratostatele, vedem că la înălțimile menționate au fost constatate alte presiunii: la înălțimea de 19 km 50 mm, iar la 22 km 45 mm.

De ce oare calculele nu sunt confirmate? Unde am greșit oare?

La presiuni atât de mici, legea lui Mariotte este pe deplin valabilă, dar de data aceasta am făcut o altă greșeală: am considerat că temperatura aerului este constantă în întregul strat de 20 km în timp ce

ea scade destul de repede o dată cu creșterea înălțimii. În medie se consideră că temperatura scade la fiecare kilometru cu 6,5°C; astfel stau lucrurile până la înălțimea de 11 km, unde temperatura este de. -56°C, iar apoi, pe o distanță destul de mare, ea rămâne constantă.

Dacă ținem seama de acest fapt (pentru care sunt deja insuficiente metodele matematicii elementare), atunci se obțin rezultate mai apropiate de cele reale. Din aceeași cauză, rezultatele calculelor anterioare cu privire la presiunea aerului la mari adâncimi trebuie privite și ele ca aproximative.

Capitolul 7

FENOMENELE CALORICE

EVANTAIUL

Când femeile își fac vânt cu evantaiul, ele au, desigur, o senzație de răcoare. S-ar părea că această preocupare este cu totul inofensivă pentru toți ceilalți din încăpere și că cei prezenți nu pot fi decât recunoscători acestor femei pentru faptul că răcoresc aerul din sală.

Să vedem dacă într-adevăr lucrurile stau astfel. De ce simțim răcoare atunci când este agitat evantaiul? Aerul din imediata vecinătate a obrazului nostru se încălzește, și această mască aeriană caldă ne învăluie invizibil fața, pe care o „încălzește", împiedicând pierderea de căldură. Dacă în jurul nostru aerul este nemișcat, atunci stratul de aer încălzit în apropierea obrazului este împins foarte încet în sus de aerul neîncălzit, care este mai greu. Când însă, cu ajutorul evantaiului, împrăștiem masca de aer cald, atunci fața vine în contact cu cantități mereu noi de aer neîncălzit și le cedează neîntrerupt căldura ei; corpul nostru se răcește și avem senzația de răcoare.

Prin urmare, agitându-și evantaiele, femeile îndepărtează într-una aerul încălzit din preajma feței, înlocuindu-l cu aer neîncălzit; după ce s-a încălzit și acest aer, el este înlocuit cu alt aer neîncălzit ș.a.m.d.

Agitarea evantaiului accelerează amestecarea aerului și contribuie la egalizarea mai rapidă a temperaturii aerului în sala întreagă, adică o răcorește pe posesoarea evantaiului, reducând totodată răcoarea aerului care-i înconjură pe ceilalți din asistență. Pentru acțiunea evantaiului mai are importanță și un alt factor, despre care vom vorbi mai jos.

DE CE ESTE MAI RĂCOARE CÂND E VÂNT?

Știm, desigur, cu toții că în zilele fără vânt frigul este suportat mult

mai ușor decât în cele cu vânt. Dar nu toată lumea își dă perfect seama care este cauza acestui fenomen. Numai ființele vii resimt gerul mai mult atunci când este vânt; termometrul nu indică în această situație o temperatură mai scăzută. Senzația de frig sporit în zilele geroase cu vânt se explică înainte de toate prin faptul că în aceste condiții fața (și în general corpul) pierd mult mai multă căldură decât în zilele fără vânt, când aerul încălzit de corp nu este atât de repede înlocuit de alte cantități de aer rece. Cu cât este vântul mai puternic, cu atât este mai mare masa de aer care reușește în decursul fiecărui minut să vină în contact cu pielea și, prin urmare, cu atât mai mare este cantitatea de căldură cedată în fiecare minut de corpul nostru. Și aceasta este suficient pentru a da senzația de frig.

Mai este însă și o altă cauză. De pe pielea noastră se evaporă mereu umezeala, chiar și în aerul rece. Pentru evaporare însă este nevoie de căldură; această căldură este dată de corpul nostru și de stratul de aer care se află în imediata-i apropiere. Dacă aerul este nemișcat, atunci procesul de evaporare decurge încet, deoarece stratul de aer din vecinătatea imediată a pielii este curând saturat cu vapori (în aerul saturat cu umiditate nu are loc un proces de evaporare intensă). Dacă aerul este agitat și fața vine în contact cu cantități mereu noi de aer, atunci evaporarea rămâne mereu foarte abundentă, iar aceasta necesită un consum mare de căldură care este cedată de corpul nostru.

Cât de mare este acțiunea de răcire a vântului? Ea depinde de viteza lui și de temperatura aerului; în general, ea este mult mai mare decât se crede de obicei. Să luăm un exemplu care ne va arăta cât de mare poate să fie această răcire. Presupunem că temperatura aerului este de + 4°C și că nu e niciun fel de vânt. În aceste condiții, temperatura pielii noastre este de 31°C. Dacă adie însă un vânt ușor, care abia agită steagurile și nici nu clintește frunzișul (viteza de 2 m pe secundă), atunci pielea se răcește cu 7°C; când vântul face ca steagurile să fluture (viteza de 6 m pe secundă), atunci pielea se răcește cu 22°C: temperatura ei scade până la 9°C!

Așadar, este insuficient să cunoaștem numai temperatura pentru a ne da seama cum vom rezista gerului; trebuie să ținem seama și de viteza vântului. În general același ger este mai greu de suportat la Leningrad decât la Moscova, pentru că pe țărmurile Mării Baltice viteza medie a vântului este de 5—6 m/s, iar la Moscova numai 4,5 m/s. Gerul este și mai ușor de suportat în regiunile de dincolo de Baikal, unde viteza medie a vântului este doar de 1,3 m. Renumitele geruri din Siberia răsăriteană sunt resimțite mai puțin decât credem noi, care suntem obișnuiți în Europa cu vânturi destul de puternice; Siberia răsăriteană se caracterizează printr-o lipsă aproape totală a vântului,

mai ales în timpul iernii.

SUFLUL FIERBINTE AL DEȘERTULUI

„Prin urmare, și într-o zi călduroasă vântul trebuie să răcorească –, va spune, poate, cititorul, citind paragraful de mai sus. — De ce însă, în cazul acesta, călătorii vorbesc despre suflul fierbinte al deșertului?“

Contradicția se explică prin faptul că în clima tropicală aerul este mai cald decât corpul nostru. Nu este deci de mirare că acolo, când bate vântul, nu este mai răcoare, ci mai cald. Căldura nu mai este transmisă de la corp la aer, ci, invers, aerul încălzește corpul omenesc. De aceea, cu cât este mai mare masa de aer care reușește să vină în contact cu corpul, cu atât este mai puternică senzația de căldură. Este drept că și aici evaporarea este accelerată de vânt, dar prima cauză prevalează. Iată de ce locuitorii deșertului, de exemplu turkmenii, poartă halate călduroase și căciuli de blană.

ÎNCĂLZEȘTE OARE VOALUL?

Iată încă o problemă din fizica vieții cotidiene. Femeile afirmă că voalul încălzește, că fără el fața îngheață. Privind țesătura ușoară a voalului, care adesea are ochiuri destul de mari, bărbații nu prea sunt înclinați să creadă în astfel de afirmații și socot că acțiunea calorică a voalului este doar un joc al imaginației.

Dar dacă vă veți aminti cele spuse mai sus, atunci veți privi cu mai multă încredere afirmația purtătoarelor de voal. Oricât de mari ar fi ochiurile voalului, printr-o astfel de țesătură aerul trece totuși cu o oarecare încetineală. Stratul de aer reținut de voal care aderă direct la piele și, încălzindu-se, servește drept o mască de aer cald nu este atât de repede împrăștiat de vânt ca în lipsa voalului. De aceea nu există nicio bază pentru a ne îndoi de buna-credință a femeilor când ele afirmă că, la un ger nu prea mare și la un vânt slab, fața îngheață în timpul mersului sub voal mai puțin decât fără el.

URCIOARELE RĂCITOARE

Dacă nu ați avut ocazia de a vedea astfel de urcioare, atunci, probabil, ați auzit sau ați citit despre ele. Aceste vase din lut nears posedă proprietatea curioasă că apa turnată în ele devine mai rece decât obiectele înconjurătoare.

Urcioarele sunt foarte răspândite la popoarele sudice (printre altele și în Crimeea) și poartă denumiri diferite: în Spania *alcarraza*, în Egipt

goula ș.a.m.d.

Secretul acțiunii de răcire a acestor urcioare este simplu: lichidul se strecoară prin pereții de argilă spre exterior și acolo se evaporă încet, luând din căldura vasului și a lichidului din el.

Dar nu este adevărat că în astfel de vase lichidul se răcește mult, după cum citim în descrierile de călătorie prin țările meridionale. Această răcire nu poate fi mare. Ea depinde de multe condiții. Cu cât este mai fierbinte aerul, cu atât mai repede se evaporă lichidul care umezește vasul în exterior și, prin urmare, cu atât mai mult se răcește apa din interiorul urciorului. Răcirea depinde și de umiditatea aerului înconjurător: dacă în el este umezeală, atunci evaporarea are loc încet și apa se răcește puțin; dimpotrivă, în aerul uscat are loc o evaporare energică, provocând o răcire mai puternică. Vântul accelerează de asemenea evaporarea și astfel contribuie la răcire; toate acestea sunt binecunoscute datorită senzației de frig resimțite într-o rochie udă într-o zi călduroasă, dar cu vânt. Scăderea temperaturii în urcioarele răcitoare nu depășește 5°C. În zilele călduroase ale Sudului, când uneori termometrul indică 33°C, apa din urciorul răcitor are temperatura unei băi calde, adică 28°C. După cum vedem, practic această răcire este inutilă. În schimb, asemenea urcioare păstrează foarte bine apa rece; ele sunt folosite în special în acest scop.

Putem încerca să calculăm gradul de răcire a apei în *alcarraza*. Presupunem că avem un urcior cu o capacitate de 5 litri de apă; mai presupunem că s-au evaporat 1/10 litri. Pentru evaporarea unui litru de apă la temperatura unei zile călduroase (33°C), sunt necesare aproximativ 580 de calorii. La noi s-au evaporat 1/10 l și, prin urmare, au fost necesare 58 de calorii. Dacă toată căldura aceasta ar fi fost luată numai de la apa care se află în urcior, atunci temperatura acesteia din urmă ar fi scăzut cu 58/5, adică cu 12°C. Dar cea mai mare parte din căldura necesară pentru evaporare este dată de însișiși pereții urciorului și de aerul înconjurător; pe de altă parte, pe lângă răcirea apei din urcior are loc și încălzirea lui cu aerul cald din imediata vecinătate a urciorului. De aceea răcirea abia atinge jumătate din cifra obținută.

Este greu de spus unde se răcește urciorul mai mult: la soare sau la umbră. La soare, evaporarea este accelerată, dar totodată este accelerat și accesul de căldură. Probabil că cel mai util este să ținem urcioarele la umbră, într-un vânt slab.

UN „RĂCITOR“ FĂRĂ GHEAȚĂ

Pe răcirea bazată pe evaporare se întemeiază construcția dulapului-

răcitor pentru păstrarea produselor: un „răcitor” sui-generis fără gheață. Construcția unui astfel de răcitor este foarte simplă. El este format dintr-o ladă de lemn cu sertare (mai bine din fier zincat), cu polițe, pe care se așază produsele ce urmează a fi răcite. În partea de sus a lăzii se așază un vas lunguieț cu apă rece curată; în vas este cufundat capătul unei bucăți de pânză care trece de-a lungul peretelui din spate al lăzii în jos, terminându-se în vasul așezat sub polița de jos. Pânza se îmbibă cu apă, care se deplasează prin ea ca printr-un fitil, evaporându-se încet și răcind astfel toate despărțiturile răcitorului".

Un astfel de „răcitor” trebuie așezat într-un loc răcoros al locuinței, înlocuindu-se în fiecare seară apa rece, pentru, ca ea să se poată răci bine în timpul nopții. Vasele care conțin apa și pânza pe care o îmbibă trebuie să fie, desigur, perfect curate..

CE CĂLDURĂ PUTEM SUPORTĂ?

Omul este mult mai rezistent la căldură decât se crede de obicei. În țările sudice el poate suporta o temperatură mult mai înaltă decât cea pe care în clima noastră moderată o considerăm drept greu suportabilă. Vara, în Australia centrală se observă adesea temperatura de 46°C la umbră; acolo s-au înregistrat chiar 55°C la umbră. La traversarea Mării Roșii spre golful Persic, temperatura din încăperile navei atinge 50°C și mai mult, cu toate că ventilatoarele funcționează fără întrerupere.

Temperaturile cele mai înalte înregistrate în natură pe globul terestru nu au depășit 57°C. Această temperatură a fost constatată în așa-numita *Vale a morții* din California. În Asia mijlocie, regiunea cea mai călduroasă a U.R.S.S, „temperatura nu depășește 50°C.

Temperaturile menționate mai sus au fost măsurate la umbră. Vreau de altfel să explic de ce pe meteorologi îi interesează temperatura la umbră și nu la soare. Este vorba de faptul că temperatura aerului este măsurată numai de termometrul așezat la umbră. Termometrul așezat la soare poate fi încălzit de razele acestuia mult mai mult decât aerul înconjurător și indicațiile lui nu caracterizează starea termică a mediului aerian. De aceea, vorbind despre vremea călduroasă, nu are niciun rost să ne referim la indicațiile unui termometru așezat în bătaia Soarelui.

S-au efectuat experiențe pentru determinarea temperaturii maxime pe care o poate suporta organismul uman. S-a constatat că, la încălzirea treptată în aer uscat, organismul nostru poate suporta nu numai temperatura de fierbere a apei (100°C), dar uneori chiar o temperatură mai înaltă, de până la 160°C după cum au demostrat doi fizicieni englezi, care în vederea acestei experiențe au petrecut ore întregi în cuptorul încălzit al unei brutării. Cu privire la aceasta, Tyndall

spune: „Poți fierbe ouă și frige o friptură în aerul unui încăperi în care oamenii rămân fără niciun fel de pericol pentru ei“.

Cum se explică această rezistență? Prin aceea că, de fapt, organismul nostru nu primește această temperatură, ci păstrează o temperatură apropiată de cea normală. El luptă împotriva încălzirii printr-o transpirație abundentă; evaporarea transpirației absoarbe o cantitate mare de căldură din stratul de aer care vine în contact direct cu pielea și astfel îi reduce mult din temperatură. Singurele condiții necesare sunt ca corpul să nu vină în contact direct cu sursa de căldură și ca aerul să fie uscat.

Cine a vizitat Asia mijlocie a observat cât de relativ ușor este suportată acolo o căldură de 37°C și chiar mai înaltă. La Leningrad, o căldură de 24°C se suportă mai greu. Cauza este umiditatea aerului la Leningrad, în timp ce în Asia mijlocie aerul este uscat, ploile constituind un fenomen foarte rar[1].

[1] Este interesant de menționat că acolo hidrometrul meu de buzunar a indicat de două ori în luna iunie umiditate zero (13 și 16 iunie 1930).

TERMOMETRU SAU BAROMETRU?

Este cunoscută anecdota despre omul naiv care nu îndrăznea să-și facă baie datorită unui motiv neobișnuit.

— Am cufundat în cadă barometrul și el a indicat furtună. Este periculos de făcut baie!

Să nu credeți însă că este totdeauna ușor de deosebit un termometru de un barometru. Există termometre, sau, mai exact, termoscoape, care pe bună dreptate ar putea fi numite barometre și invers. Drept exemplu poate servi termoscopul inventat de Heron din Alexandria (fig. 85). Când razele solare încălzesc balonul, atunci aerul din partea de sus a balonului, încălzindu-se, apasă asupra apei și o împinge prin tubul îndoit; apa începe să picure prin pâlnia din care curge în cutia plasată dedesubt. În zilele reci însă, volumul aerului din balon se reduce, apa din cutie este împinsă de presiunea aerului exterior și pătrunde prin tub în balon.

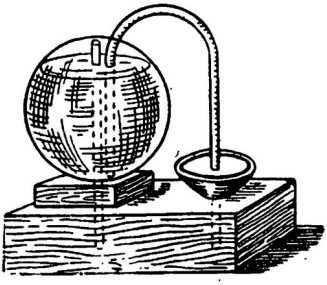


Fig. 85 — Termoscopul lui Heron.

Dar acest dispozitiv este sensibil și la variațiile presiunii barometrice. Când presiunea exterioară scade, atunci aerul din interiorul balonului, care și-a păstrat presiunea mai înaltă, se dilată și împinge o parte din apă prin tub în pâlnie. Când însă presiunea exterioară crește, o parte din apa din cutie pătrunde în balon, datorită presiunii exterioare mai mari.

Orice diferență de temperatură de un grad va produce aceeași variație a volumului de aer din interiorul balonului ca și $\frac{760}{273} = aproximativ 2\frac{1}{2} mm$ diferenţă de înălţime a coloanei barometrice (de mercur). La Moscova, oscilațiile barometrice ating 20 și mai mulți milimetri; aceasta corespunde la 8°C în termoscopul lui Heron; deci o astfel de scădere a presiunii atmosferice poate fi ușor confundată cu o creștere a temperaturii cu 8 grade!

Vedeți, așadar, că bătrânul termoscop este totodată și baroscop. Într-un timp se vindeau barometre cu apă care erau în același timp termometre, dar lucrul acesta nu-l bănuiau nici cumpărătorii, nici, pare-se, inventatorul.

LA CE SERVEȘTE STICLA DE LAMPĂ?

Puțini sunt cei care știu ce cale lungă a parcurs sticla de lampă înainte de a-și căpăta aspectul de astăzi. De-a lungul mileniilor, oamenii au folosit pentru iluminat flacăra fără a recurge la serviciile sticlei. A fost necesar geniul lui Leonardo da Vinci (1452—1519) pentru a realiza această perfecționare importantă a lămpii. Dar Leonardo nu a înconjurat flacăra cu un tub de sticlă, ci cu unul metalic; au mai trecut trei secole până la înlocuirea tubului metalic cu un cilindru transparent de sticlă. După cum vedeți, sticla de lampă este o invenție la care au lucrat zeci de generații.

Care este însă destinația ei?

Mulți nu pot da un răspuns corect la o întrebare atât de firească. Apărarea flăcării împotriva vântului constituie doar un rol secundar al sticlei. Principalul ei rol este de a spori luminozitatea flăcării, de a accelera procesul de ardere. Rolul sticlei este același ca al coșului sobei sau al uzinei; ea amplifică afluxul de aer spre flacără, face să „tragă“ mai bine.

Să analizăm toate acestea. Coloana de aer aflată în interiorul sticlei este încălzită de flacără mult mai repede decât aerul care înconjură lampa. Încălzindu-se și devenind astfel mai ușor, conform legii lui Arhimede aerul este împins în sus de aerul neîncălzit, mai greu, care vine de jos prin orificiile din arzător. Astfel se stabilește un curent de aer permanent de jos în sus, curent care îndepărtează neîntrerupt produsele arderii și aduce aer proaspăt. Cu cât sticla este mai înaltă, cu atât este mai mare diferența de greutate dintre coloana de aer încălzit și cea de aer neîncălzit și cu atât mai energic este afluxul de aer proaspăt și, prin urmare, cu atât mai mult este accelerată arderea. Aici fenomenul este același ca în coșurile înalte de fabrică. De aceea se fac

aceste coșuri atât de înalte.

Este interesant de amintit că încă Leonardo da Vinci își dădea seama bine de aceste fenomene. În manuscrisele lui găsim următoarea notă: „Acolo unde apare foc, în jurul lui se formează un curent de aer care-l menține și-l ațâță“.

DE CE NU SE STINGE DE LA SINE FLACĂRA?

Dacă ne gândim bine la procesul de ardere, se naște în mod firesc întrebarea: de ce flacăra nu se stinge de la sine? Știm doar că produsele arderii sunt bioxidul de carbon și vaporii de apă, care nu ard și nu pot menține arderea. Prin urmare, chiar din primul moment flacăra ar trebui să fie înconjurată cu substanțe neinflamabile care împiedică accesul aerului; fără aer arderea nu poate continua și focul trebuie să se stingă.

De ce nu are loc acest lucru? De ce arderea continuă până la epuizarea combustibilului? Numai pentru că gazele se dilată la căldură și devin astfel mai ușoare. Doar datorită acestui fapt produsele arderii nu rămân acolo unde s-au format, în imediata apropiere a flăcării, ci sunt împinse imediat în sus de aerul proaspăt. Dacă legea lui Arhimede nu s-ar extinde asupra gazelor (sau dacă nu ar exista gravitația), atunci orice flacără, după ce ar arde puțin, s-ar stinge de la sine.

Este foarte ușor să ne convingem de felul cum acționează asupra focului produsele arderii. Fără să vă dați seama, vă folosiți adesea de această proprietate pentru a stinge lampa.. Cum stingeți lampa cu petrol? Suflați de sus, adică împingeți în jos, spre flacără, produsele arderii ei și ea se stinge, fiind, lipsită de aer.

UN CAPITOL CARE LIPSEȘTE ÎN ROMANUL LUI JULES VERNE

Jules Verne ne-a descris amănunțit cum și-au petrecut: vremea curajoșii călători aflați în interiorul proiectilului care și-a luat zborul spre Lună. Dar el nu ne-a povestit cum Michel Ardan și-a îndeplinit îndatoririle de bucătar în aceste împrejurări neobișnuite. Probabil că romancierul își închipuia că pregătirea mesei în interiorul unui proiectil zburător nu prezintă un interes deosebit pentru a fi descris în carte. Dacă-i așa, atunci s-a înșelat. Să nu uităm că în interiorul proiectilului zburător toate obiectele devin imponderabile[1].

[1] *Descrierea amănunțită a acestui fenomen interesant este făcută în prima carte a Fizicii distractive.*

Jules Verne a scăpat din vedere această împrejurare. Trebuie să

recunoaștem însă că gătitul mesei într-o bucătărie imponderabilă este un subiect pe deplin demn de pana romancierului și nu putem să nu regretăm că autorul romanului *De la Pământ la Lună* nu a acordat atenție acestei teme. Voi încerca „bineînțeles cum voi putea, să completez capitolul care lipsește în roman, pentru a-i oferi cititorului un tablou care, zugrăvit de pana lui Jules Verne, ar fi putut avea un efect deosebit.

Citind cele de mai jos, cititorul nu trebuie să uite nicio clipă că, după cum s-a mai arătat, în interiorul proiectilului greutatea este inexistentă: aici toate obiectele sunt imponderabile.

MICUL DEJUN ÎN BUCĂTĂRIA IMPONDERABILĂ

— Prieteni, noi nici nu am dejunat încă, spune Michel. Ardan însoțitorilor săi în călătoria interplanetară. Din faptul că ne-am pierdut greutatea în proiectilul nostru de tun nu decurge de loc că ne-am pierdut și pofta de mâncare. Mă angajez, prieteni, să vă ofer o masă imponderabilă, care, fără îndoială, va fi formată din gustările cele mai ușoare din câte s-au preparat vreodată.

Și, fără a mai aștepta răspunsul tovarășilor săi, francezul se apucă de treabă.

— Damigeana noastră cu apă se preface a fi goală, mormăi Ardan încercând să destupe o damigeană mare cu apă. Dar pe mine nu mă înșală: știu eu de ce ești atât de ușoară... Așa, dopul e scos. Varsă acum, rogu-te, prețiosul tău conținut imponderabil în această cratiță!

Dar oricât de mult înclină damigeana, apa nu curgea.

— Nu te osteni, dragă Ardan, răsări alături de el Nicholl. Trebuie să înțelegi că în proiectilul nostru, unde nu există greutate, apa nu poate curge. Trebuie să o scuturi din vas, ca și cum ar fi vorba de un sirop dens.

Fără a mai sta pe gânduri, Ardan lovi cu palma în fundul damigenei. O nouă surpriză: la gura damigenei se formă imediat un balon de apă de mărimea unui pumn.

— Ce s-a întâmplat cu apa noastră? rosti cu uimire Ardan. Ce să zic, iată o surpriză inutilă! Puteți să-mi explicați și mie, prietenii mei savanți, ce se întâmplă aici?

— Aceasta este o picătură, scumpul meu Ardan, o simplă picătură de apă. În lumea fără gravitație, picăturile pot fi oricât de mari... Amintește-ți că lichidele iau forma vasului, curg sub forma unei șuvițe etc. Numai sub influența gravitației. Aici ea însă nu mai există, lichidul se află doar sub acțiunea forțelor sale moleculare și trebuie să ia forma unei sfere, ca untul în cunoscuta experiență a lui Plateau.

— Puțin îmi pasă de acest Plateau și de experiențele lui! Eu trebuie să fierb apa pentru supă și jur că nu mă vor opri niciun fel de forțe moleculare! declară supărat francezul.

Și el începu să agite cu furie damigeana deasupra cratiței care plutea în aer, dar se pare că totul se coalizase împotriva lui. Sferele mari de apă, ajungând în cratiță, se împrăștiau repede pe suprafața ei. Mai mult chiar, de pe pereții ei interiori apa trecea pe cei exteriori și, în curând, întreaga cratiță fu acoperită cu un strat gros de apă. Fierberea apei în aceste condiții era cu totul imposibilă.

— Iată o experiență interesantă care ne demonstrează cât de mare este forța de adeziune, îi spuse imperturbabil Nicholl lui Ardan, care-și pierduse complet răbdarea. Nu te enerva. Aici avem de-a face cu fenomenul obișnuit de udare a corpurilor solide; în cazul de față însă, greutatea nu împiedică manifestarea acestei proprietăți în deplinătatea ei.

— Păcat că n-o împiedică! exclamă Ardan. Oricum s-ar numi acest fenomen, eu trebuie să am apă în cratiță și nu în jurul ei. Ia te uită! Niciun bucătar din lume nu ar fi de acord să pregătească o supă în aceste condiții!

— Dacă acest fenomen te deranjează, îl poți evita cu ușurință, spuse calm Barbicane. Amintește-ți că apa nu udă corpurile acoperite cu un strat subțire de grăsime. Unge-ți pe din afară cratița și vei sili apa să stea înăuntrul ei.

— Bravo! Iată un adevărat om de știință, se bucură Ardan, punându-i imediat în practică sfatul. Apoi începu să încălzească apa la flacăra mașinii cu gaz.

Dar toate-i stăteau împotrivă! Până și mașina cu gaz își făcea de cap. După ce timp de o jumătate de minut a ars cu o flacără slabă, s-a stins fără pricină.

Ardan se învârtea în jurul mașinii, căutând să mențină flacăra cu orice preț, dar strădaniile îi rămâneau zadarnice: flacăra se stingea.

— Barbicane, Nicholl! Oare nu există niciun mijloc de a forța această flacără încăpățânată să ardă după legile fizicii noastre și după dispozițiile societăților de gaze? apelă Ardan la prietenii săi, simțind că descurajarea pune stăpânire pe el.

— Dar aici nu este nimic neobișnuit sau neașteptat, explică Nicholl. Această flacără arde întocmai în conformitate cu legile fizicii. Iar societățile de gaze s-ar ruina dacă nu ar exista imponderabilitatea. Nu știi că la ardere se formează bioxid de carbon și vapori de apă, adică gaze care nu ard? De obicei aceste produse ale arderii nu rămân în preajma flăcării: fiind calde și, ca atare, mai ușoare, ele sunt înlocuite cu aer proaspăt. Aici însă suntem în condiții de imponderabilitate.

Produsele arderii rămân acolo unde s-au format, înconjoară flacăra cu un strat de gaze neinflamabile și împiedică accesul aerului proaspăt. De aceea flacăra este atât de slabă și se stinge atât de repede. Știi doar că acțiunea stingătoarelor se bazează tocmai pe aceea că focul este înconjurat de gaze care nu ard.

— Prin urmare, crezi – îl întrerupse francezul – că, dacă pe Pământ nu ar exista forța de gravitație, n-ar mai fi nevoie nici de echipe de pompieri, iar incendiile ar înceta înăbușite de propria lor respirație?

— Întocmai. Iar acum, pentru a te ajuta, aprinde iar gazul și hai să suflăm în flacără. Sper că vom reuși să silim astfel flacăra să ardă „ca pe Pământ“.

Așa și făcură. Ardan aprinse din nou gazul și se apucă de gătit, urmărind cu malițiozitate cum Nicholl și Barbicane ațâțau pe rând flacăra, suflând într-una aer proaspăt. În adâncul sufletului, francezul îi socotea pe prietenii lui și știința acestora vinovați de întreaga „bătaie de cap“.

— Într-o măsură oarecare voi înlocuiți coșul de fabrică, bolborosea Ardan. Îmi pare foarte rău de voi, dragii mei prieteni savanți, dar, dacă vrem să avem o mâncare caldă, trebuie să ne conformăm legilor fizicii voastre.

Dar a trecut un sfert de oră, o jumătate de oră, o oră, iar apa din cratiță nici gând să fiarbă.

— Va trebui să te înarmezi cu răbdare, dragă Ardan. Știi de ce se încălzește atât de repede apa obișnuită, ponderabilă? Numai pentru că în ea are loc amestecarea straturilor: straturile inferioare încălzite, fiind mai ușoare, sunt înlocuite cu cele reci de deasupra și, ca rezultat, în curând întregul lichid se încălzește până la o temperatură înaltă. Ai încercat vreodată să încălzești apa așezând surse de căldură deasupra și nu dedesubt? În acest caz, amestecarea straturilor nu are loc, pentru că straturile încălzite de deasupra rămân pe loc. Conductibilitatea apei însă este foarte mică; straturile de deasupra pot fi încălzite până la fierbere chiar, în timp ce în cele de dedesubt se vor mai afla bucățele de gheață. Dar în lumea noastră imponderabilă este indiferent de unde începe încălzirea. În cratița noastră apa nu se agită, nu are loc amestecarea straturilor și apa se încălzește foarte încet. Dacă dorești să accelerezi încălzirea, trebuie să amesteci mereu apa.

Nicholl l-a prevenit pe Ardan să nu încălzească apa până la 100 °C, limitându-se la o temperatură mai joasă. La 100°C se formează prea mulți vapori, care, având aici o greutate specifică egală cu cea a apei (ambele egale cu zero), se vor amesteca cu aceasta din urmă, formând o spumă omogenă.

Un accident supărător a avut loc cu mazărea. Când Ardan, dezlegând

săculețul, l-a scuturat puțin, boabele de mazăre s-au risipit în aer și au început să rătăcească prin cabină, lovindu-se de pereții ei și ricoșând într-una. Aceste boabe rătăcitoare erau cât pe aci să fie cauza unui accident serios. Nicholl a inspirat din greșeală una dintre ele și a început să tușească, astfel încât a început să se înăbușe. Pentru a scăpa de acest pericol și a curăța aerul, prietenii noștri au început să prindă boabele zburătoare cu plasa, pe care prevăzătorul Ardan o luase cu el pentru alcătuirea colecției de fluturi de pe Lună.

În aceste condiții era greu de gătit. Ardan avea dreptate când afirma că aici ar fi dat greș chiar bucătarul cel mai iscusit. Mult s-a chinuit el și cu prepararea fripturii. Trebuia să țină mereu carnea înfiptă în furculiță, căci altfel vaporii elastici de ulei, formați sub friptură, o împingeau afară, și carnea, crudă încă, zbura „în sus“, dacă putem folosi acest cuvânt acolo unde nu există nici „sus“ și nici „jos“.

Ce ciudat se prezenta și prânzul însuși în lumea imponderabilă. Călătorii erau suspendați în aer în poziții cât se poate de ciudate și totuși nelipsite de pitoresc, ciocnindu-se într-una cu capetele. Desigur că de stat pe scaun nici nu putea fi vorba. Obiecte ca scaune, canapele, bănci sunt cu totul inutile în lumea unde nu există greutate. De fapt nici masa nu ar fi fost necesară dacă nu ar fi existat dorința expresă a lui Ardan de a dejuna „la masă“.

Grea treabă a fost prepararea supei, dar și mai grea a fost consumarea ei. Întâi de toate, turnarea în căni a supei imponderabile nu este o treabă ușoară. Ardan era cât pe-aci să plătească această încercare cu pierderea trudei sale de o jumătate de zi; uitând că supa este imponderabilă, el a lovit cu ciudă în fundul cratiței răsturnate pentru a vărsa din ea supa atât de încăpățânată. Din cratiță și-a luat zborul o uriașă picătură sferică: supă sub formă sferoidală. Ardan a trebuit să dea dovadă de iscusință de jongler pentru a putea prinde și închide din nou în cratiță supa fiartă cu atâta greutate.

Încercarea de a folosi lingurile a rămas fără niciun rezultat. Supa umezea întreaga lingură până la degete și atârna de ea ca un văl compact. Au uns lingurile cu ulei pentru a preveni umezirea, dar rezultatele nu erau îmbucurătoare: supa se transforma în lingură într-o sferă și era absolut imposibil să duci această pastilă imponderabilă la gură.

În cele din urmă, Nicholl a găsit soluția cea mai bună: s-au confecționat niște tuburi din hârtie cerată și călătorii noștri le-au folosit pentru a sorbi supa. Această metodă a fost folosită și în continuare tot timpul călătoriei pentru a bea apă, vin și, în general, toate lichidele[1].

[1] *Mulți cititori ai edițiilor anterioare ale acestei cărți mi-au adresat scrisori în care-și exprimau nedumerirea și întrebau cum se poate bea într-un mediu de imponderabilitate,*

fie chiar și prin metoda indicată mai sus: doar și aerul din proiectilul zburător este imponderabil și, prin urmare, nu exercită presiune, iar în lipsa presiunii lichidul nu poate fi sorbit. Este curios că și unii dintre recenzenții cărții puneau această problemă în presă. Și, totuși, este pe deplin evident că, în condițiile respective, imponderabilitatea aerului nu are nicio legătură cu inexistența presiunii: aerul nu apasă într-un spațiu închis pentru că este greu, ci pentru că, fiind un corp gazos, el caută să se dilate nelimitat. În spațiu deschis, pe suprafața pământului, rolul pereților care împiedică dilatarea este îndeplinit de greutate; tocmai această dependență obișnuită i-a indus în eroare pe criticii mei.

DE CE APA STINGE FOCUL?

Această întrebare atât de simplă nu capătă totdeauna răspunsul corect și sperăm că cititorul nu ne-o va lua în nume de rău dacă vom explica pe scurt în ce constă, de fapt, această acțiune a apei asupra focului.

În primul rând, atingând obiectul care arde, apa se transformă în vapori, absorbind mare parte din căldura obiectului respectiv; pentru a transforma apa clocotită în vapori, este necesară o căldură de cinci ori mai mare decât pentru încălzirea la 100°C a aceleiași cantități de apă rece.

În al doilea rând, vaporii care se formează ocupă un volum de sute de ori mai mare decât apa care i-a generat; înconjurând corpul care arde, vaporii dislocă aerul, iar fără aer arderea este imposibilă. Pentru a amplifica forța de stingere a apei, ea se amestecă uneori cu... praf de pușcă! Aceasta ar putea să pară cam straniu și, totuși, este cât se poate de rațional: praful de pușcă arde repede, degajând o cantitate mare de gaze neinflamabile, care, înconjurând corpurile arzătoare, împiedică arderea.

CUM SE STINGE FOCUL CU AJUTORUL FOCULUI?

Ați auzit, probabil, că mijlocul cel mai bun și, uneori, chiar singurul mijloc de a lupta împotriva unui incendiu în pădure sau în stepă este incendierea pădurii sau a stepei din partea opusă. Noul incendiu întâmpină marea de flăcări și, distrugând materialul inflamabil, lipsește focul de alimentare; întâlnindu-se, cele două ziduri de foc se sting imediat, înghițindu-se parcă reciproc.

Descrierea modului în care este folosit acest procedeu de stingere a focului în stepele americane a fost, probabil, citită de mulți dintre dumneavoastră în romanul lui J.F. Cooper *Preria*. Putem uita oare momentul dramatic când bătrânul trapper i-a scăpat de moartea în flăcări pe călătorii prinși de incendiul care bântuia în stepă? Iată acest pasaj din roman:

„înainte de a fi putut interveni măcar prin mustrări, bătrânul, care tot

timpul scenei stătuse în cumpănă ca omul care nu știa încă ce are de făcut sau ca omul care pare mai curând nedumerit decât alarmat, luă numaidecât un aer hotărât, ca și cum din momentul acela n-ar mai fi avut niciun pic de îndoială în privința drumului pe care-l avea de urmat.

— E timpul să trecem la acțiune, spuse el…

— Ai ajuns la hotărârea asta mult prea târziu, nefericit bătrân, strigă Middleton, flăcările sunt la un sfert de milă de noi și vântul le mână încoace cu o iuțeală înfiorătoare.

— Ce? Flăcări? Ce-mi pasă mie de flăcări?… Puneți mâna pe iarba asta scurtă și uscată pe care stăm și smulgeți-o!

…Trebui destul de puțin timp pentru ca buruienile să fie smulse de pe o porțiune cu un diametru de douăzeci de picioare. La una din marginile acestui loc, trapper-ul le așeză pe cele două femei; apoi îi sfătui pe Middleton și pe Paul să le acopere rochiile, care. Se puteau aprinde mult mai ușor, cu păturile. După ce băieții aduseră la îndeplinire toate acestea, bătrânul se apropie de marginea opusă punctului în care se găseau femeile; ajuns acolo, bătrânul alese o mână de iarbă foarte uscată și o așeză peste tigăița carabinei. Apoi trase, și combustibilul acesta așa de ușor se aprinse numaidecât; luă pe urmă șomoiogul de iarbă aprinsă și-l puse sub un strat de ierburi încâlcite, după care se retrase spre mijlocul porțiunii de pământ văduvit de ierburi și așteptă rezultatul acțiunii sale cu răbdare.

Focul, elementul acesta subtil, se repezi cu lăcomie asupra prăzii celei noi, și din ierburi începură să se salte numaidecât mici flăcări bifurcate, întocmai ca limbile unei turme de rumegătoare care-și caută hrana, alegându-și parcă tulpinile cele mai dulci.

— Acum, spuse bătrânul ridicându-și un deget și râzând în felul lui caracteristic, neauzit aproape, acum veți vedea focul luptând împotriva focului…

— Nu-i primejdios? strigă, uimit, Middleton. Și, în loc să-l îndepărtezi, aduci inamicul mai aproape?

…Cum focul prinse putere și se încinse, începu să se întindă în trei direcții, stingându-se însă într-a patra din lipsă de combustibil. În timp ce flăcările creșteau și pârâitul lor sumbru arăta cât de mare le e puterea, focul curăța totul în calea lui, lăsând solul negru și fumegând încă, mult mai lipsit de vegetație decât dacă ar fi trecut pe-acolo cineva cu coasa. Situația fugarilor ar fi fost însă destul de nesigură dacă aria pe care stăteau n-ar fi început să se lărgească, pe măsură ce-i înconjurau flăcările. Dar înaintând către locul unde aprinsese trapper-ul iarba, călătorii ocoliră dogoarea și după câteva secunde flăcările din apropierea lor începură să scadă în intensitate, îi lăsă apoi învăluiți de fum, dar cu desăvârșire scăpați de torentul flăcărilor care se

rostogoleau cu furie spre mijlocul preriei.

Spectatorii priveau această simplă manevră a trapperului ca și cum nici nu le-ar fi venit să-și creadă ochilor, tot atât de uluiți cum se spune că au fost și curtenii lui Ferdinand atunci când au văzut în ce fel a izbutit Columb să așeze oul drept...“[1]

[1] *J. F. COOPER, Preria (ediție prescurtată, în românește de Constanța Frunzetti și Karin Rex), București, Edit. Tineretului, 1959, p. 335—336.*

Fig. 86 — Stingerea incendiului din stepă cu ajutorul focului.

Dar această metodă de stingere a incendiilor din stepe și păduri nu este chiar atât de simplă pe cât pare. Ea nu poate fi folosită decât de un om cu foarte multă experiență, căci altfel dezastrul poate fi și mai mare.

Veți înțelege câtă abilitate este necesară pentru aceasta dacă vă veți pune întrebarea: de ce focul aprins de trapper a pornit în întâmpinarea incendiului și nu în sens invers? Vântul sufla doar din direcția incendiului spre călători! S-ar părea că incendiul provocat de trapper n-ar fi trebuit să se îndrepte în întâmpinarea mării de flăcări, ci înapoi spre stepă. Dacă s-ar fi întâmplat astfel, călătorii ar fi fost înconjurați de un inel de foc, și ar fi pierit inevitabil.

În ce constă secretul trapper-ului?

În cunoașterea unei legi simple de fizică. Deși vântul bătea din direcția stepei cuprinse de flăcări spre călători, totuși în față, în apropierea focului, trebuia să existe un curent de aer invers, care venea în întâmpinarea flăcării. Într-adevăr, încălzindu-se deasupra mării de foc, aerul devine mai ușor și este împins în sus de aerul proaspăt care

vine din toate părțile din stepa necuprinsă încă de flăcări. De aceea în apropierea frontului din față a incendiului se statornicește un curent de aer în întâmpinarea focului. Focul trebuie aprins în momentul când incendiul se apropie suficient pentru a se face resimțit curentul de aer. Iată de ce trapper-ul nu a făcut acest lucru mai devreme, ci a așteptat liniștit momentul potrivit. Dacă focul era aprins prea devreme, atunci el s-ar fi extins în direcție opusă, făcând ca situația oamenilor să devină desperată. Dar și întârzierea prea mare putea fi tot atât de nefastă: zidul de foc s-ar apropia prea mult.

POATE FI ÎNCĂLZITĂ APA CU AJUTORUL APEI CLOCOTITE?

Luați o sticluță (borcănaș sau balon de sticlă), turnați apă în ea și așezați-o într-o cratiță cu apă curată, aflată pe foc, astfel încât sticluța să nu atingă fundul cratiței; va trebui să suspendați pentru aceasta sticluța cu ajutorul unei bucle de sârmă. Când apa din cratiță începe să fiarbă, s-ar părea că trebuie să fiarbă și cea din sticluță. Puteți însă aștepta oricât: apa din sticluță va fi fierbinte, foarte fierbinte, dar nu va fierbe. Apa clocotită este insuficient de caldă pentru a face să fiarbă apa.

S-ar părea că acest rezultat este neașteptat și, totuși, el trebuie să fie prevăzut. Pentru a face ca apa să fiarbă nu este suficient s-o încălzim până la 100°C: trebuie să-i mai comunicăm o mare cantitate de căldură pentru ca ea să treacă într-o altă stare de agregare, și anume în stare de vapori.

Apa pură fierbe la 100°C; în condiții normale, temperatura ei nu depășește această limită, oricât am încălzi-o. Prin urmare, sursa de căldură cu ajutorul căreia încălzim apa din sticluță are o temperatură de 100° C și deci poate ridica temperatura apei din sticluță doar până la 100°C. Când această temperatură este atinsă, încetează trecerea căldurii de la apa din cratiță la cea din sticluță, încălzind deci apa din sticluță prin această metodă, noi nu-i putem oferi acel surplus de căldură care este necesar pentru transformarea ei în vapori (fiecare gram de apă încălzit până la 100°C mai are nevoie de 500 de calorii pentru a se putea transforma în vapori). Iată de ce, deși apa din sticluță se încălzește, ea nu fierbe.

Se poate ridica următoarea problemă: prin ce se deosebește apa din sticluță de cea din cratiță? Doar și aici avem aceeași apă, despărțită doar de restul masei printr-un perete de sticlă: atunci de ce nu se petrece cu ea același fenomen ca și cu restul apei?

Pentru că învelișul de sticlă nu-i permite apei din ea să participe la curenții care amestecă apa din cratiță. Fiecare particulă de apă din

cratiță poate veni în contact direct cu fundul încălzit al cratiței, în timp ce apa din sticluță vine în contact doar cu apa clocotită.

Astfel apa nu poate fierbe prin încălzire cu apa clocotită. Dar îndată ce în cratiță se aruncă un pumn de sare, lucrurile se schimbă. Apa sărată nu fierbe la 100°C, ci la o temperatură ceva mai ridicată și, prin urmare, poate la rândul său să facă să fiarbă apa pură din sticluță.

POATE FI FĂCUTĂ SĂ FIARBĂ APA CU AJUTORUL ZĂPEZII?

„Dacă nici apa clocotită nu poate fi folosită în acest scop, atunci ce să mai vorbim de zăpadă!“, vor spune unii cititori. Dar nu vă grăbiți cu răspunsul, ci faceți mai bine o experiență, fie chiar și cu aceeași sticluță pe care ați folosit-o adineauri.

Umpleți-o până la jumătate cu apă și cufundați-o în apă sărată care fierbe. Când apa din sticluță începe să fiarbă, scoateți sticluța din cratiță și astupați-o ermetic cu un dop pregătit din timp. Acum

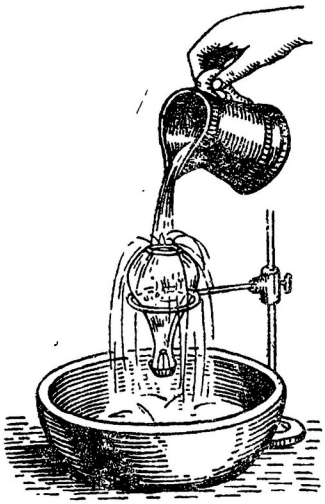


Fig. 87 — Fierberea apei într-un vas peste care se toarnă apă rece.

Fig. 88 — Rezultatul neașteptat al răcirii unui vas de tinichea.

răsturnați sticluța și așteptați ca fierberea din interiorul ei să înceteze. Când vine acest moment, turnați peste sticluță apă clocotită: apa din interior nu va reîncepe să fiarbă. Dar dacă pe fundul sticlutei puneți puțină zăpadă sau chiar dacă turnați peste ea apă rece, cum se arată în figura 87, veți vedea că apa începe să fiarbă... Zăpada a făcut ceea ce nu putuse să facă apa clocotită!

Acest lucru pare misterios mai ales pentru că sticluța nici nu este măcar fierbinte la pipăit. Și, totuși, vedeți cu propriii dumneavoastră ochi cum apa din ea fierbe!

Secretul constă în aceea că zăpada a răcit pereții sticluței; de aceea vaporii de apă din interiorul ei s-au condensat în picături de apă. Deoarece aerul a fost evacuat din sticluță încă în timpul fierberii, apa din ea este supusă acum la o presiune mult mai scăzută. Se știe însă că, atunci când scade presiunea asupra unui lichid, acesta fierbe la o temperatură mult mai joasă. Prin urmare, deși în sticluța noastră avem apă clocotită, aceasta nu este fierbinte.

Dacă pereții sticluței sunt foarte subțiri, atunci acumularea instantanee a vaporilor în interiorul ei poate provoca un fel de explozie; presiunea aerului exterior, neîntâmpinând o opoziție suficient de mare din interiorul sticluței, o poate turti (vedeți, de altfel, că termenul de „explozie“ nu este adecvat aici). De aceea este mai bine să folosim o sticluță sferică, astfel ca aerul să apese asupra unei bolți.

Cel mai bine este să folosim pentru această experiență un vas de tinichea, ca cele folosite pentru petrol, ulei etc. Fierbeți în acest vas puțină apă, puneți dopul și turnați peste vas apă rece. Veți constata imediat că vasul se turtește sub acțiunea aerului exterior, pentru că vaporii din interior s-au transformat prin răcire în apă. Vasul va fi turtit de presiunea aerului ca și cum ar fi fost lovit cu un ciocan greu.

„SUPA DIN BAROMETRU“

În cartea sa Peregrinări prin străinătate, umoristul american Mark Twain povestește o întâmplare din timpul călătoriei sale prin Alpi, bineînțeles că aici este vorba de o întâmplare născocită.

„Neplăcerile noastre au luat sfârșit; de aceea oamenii puteau să se odihnească, iar eu aveam, în sfârșit, posibilitatea de a acorda atenție laturii științifice a expediției. Înainte de toate voiam să determin cu ajutorul barometrului altitudinea la care ne aflam, dar, din păcate, nu am reușit s-o fac. Din lectura mea științifică știam că pentru a obține indicațiile asupra altitudinii trebuie fiert un termometru sau, poate, un barometru. Nu știam precis care anume dintre ele și de aceea m-am hotărât să le fierb pe

Fig. 89 — „Cercetările savante“ ale lui Mark Twain.

amândouă.

Și, totuși, nu am obținut niciun rezultat. Am examinat ambele instrumente și am constatat că deveniseră cu totul inutilizabile: barometrul mai avea doar un singur ac, iar în rezervorul termometrului se clătina o picătură de mercur…

Am căutat un alt barometru; acesta era nou și în perfectă stare de funcționare. L-am fiert timp de o jumătate de oră în oala cu supă de mazăre pe care o prepara bucătarul. Rezultatul obținut era cu totul neașteptat: instrumentul se defectase, dar supa a căpătat un gust atât de puternic de barometru, încât bucătarul șef, un om foarte deștept, i-a schimbat denumirea, în lista de bucate. Noua supă a plăcut atât de mult tuturor, încât am hotărât să mâncăm zilnic câte o supă de barometru. Bineînțeles că barometrul se stricase cu totul, dar nu l-am regretat prea mult. Dacă nu mi-a servit la determinarea altitudinii, atunci ce nevoie mai aveam de el?“

Lăsând la o parte gluma, vom încerca să răspundem la următoarea întrebare: ce trebuia de fapt „fiert”: termometrul sau barometrul?

Termometrul, și iată de ce.

Din experiența precedentă am văzut că, cu cât este mai redusă presiunea asupra apei, cu atât este mai joasă temperatura ei de fierbere. Deoarece pe munte, la altitudine mare, presiunea atmosferică scade, trebuie să scadă și temperatura de fierbere a apei. Într-adevăr se constată următoarele temperaturi de fierbere a apei pure la diferite presiuni atmosferice:

Temperatura de fierbere °C	Presiunea barometrică, mm
101	787,7
100	760
98	707
96	657,5
94	611
92	567
90	525,5
88	487
86	450

La Berna (Elveția), unde presiunea atmosferică medie este de 713 mm, apa din vasele deschise fierbe chiar la $97^1/_2$ grade, iar pe vârful Mont Blanc, unde barometrul indică 424 mm, apa clocotită are o temperatură de numai $84^1/_2$ grade. O dată cu creșterea altitudinii cu un kilometru, temperatura de fierbere a apei scade cu 3°C. Prin urmare, dacă măsurăm temperatura la care fierbe apa (sau, după cum spune

Twain, dacă „vom fierbe termometrul”), atunci, consultând tabela respectivă, vom putea afla la ce înălțime se află localitatea. Desigur că pentru aceasta trebuie să avem tabele alcătuite în prealabil, lucru de care Mark Twain „pur și simplu” a uitat.

Aparatele folosite în acest scop – hipsotermometrele – nu sunt mai incomode în transport decât barometrele metalice și dau indicații mult mai precise.

Desigur că și barometrul poate servi pentru determinarea altitudinii, pentru că el indică nemijlocit, fără niciun fel de „fierbere”, presiunea atmosferică: cu cât urcăm mai sus, cu atât presiunea este mai mică. Dar și aici sunt necesare fie tabele care arată cum descrește presiunea aerului o dată cu creșterea altitudinii deasupra nivelului mării, fie cunoașterea formulei respective. Toate acestea s-au amestecat în capul umoristului și l-au determinat „să fiarbă supă din barometru”.

TOTDEAUNA APA CLOCOTITĂ E FIERBINTE?

Brava ordonanță Ben-Zuf, pe care cititorul îl cunoaște din romanul lui Jules Verne *Hector Servadac*, era ferm convins că apa clocotită este totdeauna și pretutindeni la fel de fierbinte. Probabil că ar fi rămas întreaga viață la această părere dacă întâmplarea nu ar fi făcut ca el să nimerească împreună cu comandantul Servadac pe… o cometă. Acest astru capricios, ciocnindu-se cu Pământul, a retezat din planeta noastră exact bucata unde se găseau cei doi eroi și i-a antrenat mai departe pe drumul său elipsoidal. Atunci ordonanța s-a convins pentru prima dată din proprie experiență că apa clocotită nu este pretutindeni la fel de fierbinte. El a făcut această descoperire pe neașteptate, pe când pregătea micul dejun.

„Oala fu pusă pe plită, Ben-Zuf turnă apă în ea și aștepta să fiarbă ca să poată băga ouăle ce păreau goale, atât de ușoare erau. Oala nu se afla pe foc decât de două minute, că apa și începu să clocotească.

— Drace! Ce mai arde focul acum! se miră Ben-Zuf.

— Nu focul arde mai tare, răspunse căpitanul Servadac, după o clipă de gândire, ci apa dă mai iute în clocot.

Apoi luând un termometru atârnat de zidul postului, îl afundă în apă clocotită. Instrumentul nu arăta decât 66°C în loc de 100°C.

— Bravo! exclamă ofițerul. Uite că apa fierbe la 66 de grade în loc de o sută.

— Și atunci, domnule căpitan?

— Atunci, Ben-Zuf, te sfătuiesc să mai lași ouăle încă cel puțin un sfert de ceas în oală dacă vrei să fie fierte!

— Dar n-o să fie tari?

— Nu, dragul meu, o să fie doar atât de moi cât să ne mânjim cu puțin gălbenuș de ou bucățelele de pâine pe care o să le muiem în ele!

Cauza acestui fenomen era, firește, o scădere a înălțimii păturilor atmosferice, ceea ce concorda cu scăderea densității aerului care fusese constatată mai înainte. Căpitanul Servadac nu se înșelă. Coloana de aer de deasupra suprafeței globului descrescuse cu o treime cel puțin, și de aceea apa, supusă unei presiuni mai mici, fierbea la 66°C în loc de 100. Același fenomen s-ar fi produs pe culmea unui munte cu o altitudine de 11 000 metri, și dacă Servadac ar fi avut un barometru ar fi observat mai demult o astfel de descreștere a presiunii atmosferice”[1].

[1] JULES VERNE, Hector Servadac. Călătorii și aventuri în lumea so. Iară, București, Edit. Tineretului, 1966, p. 42—43.

Nu vom pune la îndoială aici observațiile eroilor noștri: ei afirmă că apa fierbea la 66°C și noi acceptăm acest fapt. Dar ne îndoim de faptul că ei se simțeau bine în acea atmosferă rarefiată în care se aflau.

Autorul romanului afirmă foarte just că acest fenomen a fost observat la înălțimea de 11 000 m: după cum se vede din calcul[2], acolo apa trebuie într-adevăr să fiarbă la 66°. Dar totodată presiunea atmosferei trebuie să fie egală cu cea a unei coloane de mercur de 190 mm, adică exact de patru ori mai mică decât cea normală.

[2] într-adevăr, dacă, după cum am arătat mai sus, punctul de fierbere al apei scade cu 3°C pentru fiecare creștere a altitudinii cu 1 km, atunci, pentru a face ca temperatura de fierbere să scadă până la 66°C, trebuie să ne înălțăm cu 34: 3 = aproximativ 11 km.

În aerul rarefiat atât de mult, respirația este aproape imposibilă! Doar este vorba de înălțimi care ating deja stratosfera! Știm că aviatorii care ating astfel de înălțimi fără mască leșină din cauza lipsei de aer, în timp ce Servadac și ordonanța lui se simțeau destul de bine. Este bine că Servadac nu avea la îndemână un barometru: în caz contrar, romancierul ar fi trebuit să forțeze acest instrument să indice o altă cifră decât cea pe care trebuia s-o arate în conformitate cu legile fizicii.

Dacă eroii noștri ar fi nimerit pe o planetă imaginară, unde presiunea atmosferică nu depășește 60—70 mm, atunci ar fi avut de a face cu apă clocotită și mai rece, de numai 45°C!

Dimpotrivă, o apă clocotită foarte fierbinte poate fi obținută în mine foarte adânci, unde presiunea aerului este mult mai mare decât la suprafața Pământului. Într-o mină adâncă de 300 m, apa fierbe la 101°C, într-una de 600 în la 102°C.

Și în cazanul mașinii cu aburi apa fierbe sub o presiune mai ridicată.

De exemplu, la 14 atmosfere apa fierbe la 200 de grade! Dimpotrivă, sub cupola pompei de vid apa poate fi forțată să fiarbă la temperatura obișnuită a camerei, obținându-se o apă clocotită de numai 20 de grade.

GHEAȚA FIERBINTE

Mai sus fusese vorba de apa clocotită rece. Există însă un fenomen și mai ciudat: gheața fierbinte. Ne-am obișnuit să credem că apa nu poate exista în stare solidă la o temperatură de peste 0°C. Studiile întreprinse de fizicianul englez Bridgman au arătat că lucrurile nu stau astfel: la o presiune mare, apa trece în stare solidă și rămâne astfel la o temperatură mult mai înaltă decât 0°C. În general, Bridgman a arătat că pot exista mai multe feluri de gheață, nu numai unul singur. Acea gheață pe care el o numește „gheața nr. 5“ se obține sub uriașa presiune de 20 600 de atmosfere și rămâne solidă la o temperatură de 76°C. Ea ne-ar frige degetele dacă am putea-o atinge. Dar aceasta este imposibil: „gheața nr. 5“ se obține sub presiunea unei prese de forță într-un vas cu pereții groși din oțelul cel mai bun. Deci ea nu poate fi văzută și nici luată în mână, iar proprietățile „gheții fierbinți” sunt cunoscute numai pe cale indirectă.

Este interesant de remarcat că „gheata fierbinte” este mai densă decât cea obișnuită, chiar mai densă decât apa: greutatea ei specifică este de 1,05. Ea ar trebui să se scufunde în apă, în timp ce gheața obișnuită plutește în ea.

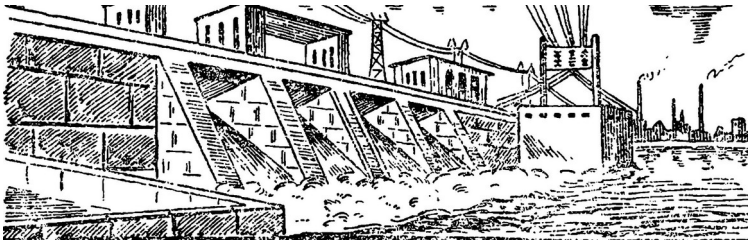
FRIGUL DIN CĂRBUNE

Obținerea din cărbune a frigului și nu a căldurii nu este un lucru irealizabil: el se realizează zilnic în fabricile de așa-numită „gheață uscată”. Cărbunele este ars aici în cazane, iar fumul care se formează este purificat; bioxidul de carbon din el este captat într-o soluție alcalină. Apoi bioxidul de carbon, degajat în stare pură, prin încălzire urmată de răcire și compresiune, trece în stare lichidă sub o presiune de 70 de atmosfere. Acesta este bioxidul de carbon lichid care se transportă în baloane cu pereții groși la fabricile de băuturi gazoase și se folosește pentru nevoile industriale. El este suficient de rece pentru a face să înghețe solul, așa cum s-a procedat la construirea metroului din Moscova; pentru multe scopuri însă avem nevoie de bioxid de carbon în stare solidă, de așa-numita gheață uscată (gheață carbonică).

Gheața uscată, adică bioxidul de carbon solid, se obține din bioxidul de carbon lichid supus la o evaporare bruscă sub presiune redusă. Ca

aspect, bucățile de gheață uscată ne amintesc mai curând zăpada presată decât gheața și, în general, se deosebesc mult de apa solidă. Gheața de bioxid de carbon este mai grea decât gheața obișnuită și se scufundă în apă. Cu toate că temperatura este foarte scăzută (—78°C), răceala ei nu se simte cu degetele dacă o luăm cu grijă în mână: gazul de bioxid de carbon care se formează la contactul cu corpul nostru protejează pielea împotriva acțiunii frigului. Doar strângând puternic un lingou de gheață uscată riscăm să ne degerăm degetele.

Denumirea de „gheață uscată” subliniază foarte bine principala particularitate fizică a acestei gheți. Într-adevăr, ea nu este niciodată umedă și nu udă nimic în jurul ei. Sub influența căldurii ea se transformă direct în gaz, trecând peste starea lichidă: bioxidul de carbon lichid nu poate exista în condițiile presiunii de o atmosferă. Această particularitate a gheții uscate, însoțită de temperatura ei scăzută, face ca ea să fie o excelentă substanță de răcire, folosită în scopuri practice. Produsele conservate cu ajutorul gheții carbonice nu numai că nu se umezesc, dar sunt protejate împotriva deteriorării și prin faptul că bioxidul de carbon în stare gazoasă care se formează este un mediu care împiedică formarea microorganismelor; de aceea pe produsele respective nu apar mucegaiul și bacteriile. Într-o astfel de atmosferă nu pot trăi nici insectele și nici rozătoarele. În sfârșit, bioxidul de carbon este un excelent mijloc împotriva incendiului; câteva bucăți de gheață uscată, aruncate în benzina care arde sting focul. Toate acestea i-au asigurat gheții uscate folosirea pe cea mai largă scară atât în industrie, cât și pentru uzul casnic.



Capitolul 8

MAGNETISMUL. ELECTRICITATEA

„PIATRA IUBITOARE“

Această denumire poetică i-a fost dată magnetului natural de către chinezi. Piatra iubitoare (*țșu-si*), spun chinezii, atrage fierul la fel cum o

mamă iubitoare își strânge la piept copiii. Este interesant de remarcat faptul că la francezi – un popor care trăiește la celălalt capăt al Lumii Vechi – întâlnim o denumire asemănătoare pentru magnet:. Cuvântul francez *aimant* înseamnă și „magnet”, și „iubitor”.

La magneții naturali, forța acestei „atracții” este mică și de aceea ne apare ca plină de naivitate denumirea grecească a magnetului: „piatra lui Hercule”. Dacă locuitorii Eladei antice erau atât de uimiți de forța de atracție moderată a magnetului natural, atunci ce ar fi spus ei dacă în uzinele metalurgice moderne ar fi văzut magneți care ridică coloși care cântăresc tone întregi! Este drept că aceștia nu sunt magneți naturali, ci „electromagneți”, adică mase de fier magnetizate cu ajutorul curentului electric care trece prin bobina ce le înfășoară. Dar în ambele cazuri acționează forțe de aceeași natură: magnetismul.

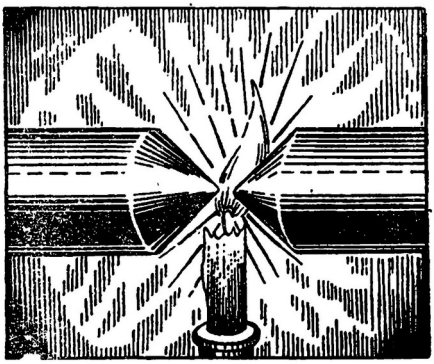


Fig. 90 — Flacăra lumînării între polii electromagnetului.

Nu trebuie să credem că magnetul acționează numai asupra fierului. Există o serie de alte corpuri care se supun și ele acțiunii unui magnet puternic, deși nu în aceeași măsură ca fierul. Metalele – nichelul, cobaltul, manganul, platina, aurul, argintul, aluminiul – sunt atrase puțin de magnet. Sunt și mai uimitoare proprietățile așa-numitelor corpuri diamagnetice, de exemplu ale zincului, plumbului, sulfului, bismutului: aceste corpuri sunt respinse de un magnet puternic!

Lichidele și gazele sunt supuse și ele forței de atracție sau de respingere a magnetului, este drept într-o măsură foarte mică; magnetul trebuie să fie foarte puternic pentru a-și manifesta influența asupra acestor substanțe. De exemplu, oxigenul pur este atras de magnet; dacă umplem cu oxigen un balon de săpun și-l plasăm între polii unui electromagnet puternic, atunci balonul se va lungi vizibil de la un pol la altul, fiind întins de forțele magnetice invizibile. Între capetele o unui magnet puternic, flacăra luminării își schimbă forma obișnuită, manifestând vizibil sensibilitate față de forțele magnetice (fig. 90).

PROBLEMA BUSOLEI

Ne-am obișnuit să gândim că acul busolei este totdeauna îndreptat cu un capăt spre nord, iar cu celălalt spre sud. De aceea ni se va părea

cu totul absurdă următoarea întrebare:

În ce loc de pe globul pământesc acul magnetic indică nordul cu ambele vârfuri?

Și mai absurd va suna întrebarea:

În ce loc al globului pământesc acul magnetic indică, cu ambele capete sudul?

Sunteți gata să afirmați că pe planeta noastră nu există, și nu pot exista astfel de locuri. Totuși ele există.

Amintiți-vă că polii magnetici ai Pământului nu coincid cu polii lui geografici și atunci vă veți da, poate, singuri seama despre ce locuri ale planetei noastre este vorba. Încotro va fi îndreptat acul busolei plasate la Polul Sud geografic? Un capăt al lui va fi îndreptat spre polul magnetic cel mai apropiat, iar celălalt în sens opus. Dar oricum am porni-o de la Polul Sud geografic ne vom îndrepta mereu spre nord; dinspre Polul Sud nu există altă direcție, pretutindeni în jurul lui este nordul. Deci ambele vârfuri ale acului magnetic plasat aici vor indica nordul.

Tot astfel, acul busolei transportate la Polul Nord geografic va indica cu ambele sale vârfuri sudul.

LINIILE FORȚELOR MAGNETICE

O imagine interesanta este reprezentată în figura 91, reprodusă, de pe o fotografie. De mâna așezată pe polii unui electromagnet sunt prinse mănunchiuri de cuie mari ca niște peri țepoși. Mâna nu simte de loc forța magnetică: „fire“ invizibile trec prin ea fără să-și trădeze în vreun fel prezența. Iar cuiele de fier se supun docile acțiunii acestei forțe și se plasează într-o anumită ordine, indicându-ne în felul acesta direcția forțelor magnetice.

Omul nu are organe de simț asupra cărora să acționeze câmpul magnetic, de aceea putem doar bănui existența forțelor magnetice care înconjură magnetul[1].

[1] Nu este lipsit de interes să ne imaginăm ce am simți dacă am avea un simț magnetic nemijlocit, Kreidel a reușit, ca să zicem așa, să inoculeze racilor un fel de simț magnetic. El a observat că racii tineri își bagă în ureche pietricele mici; prin greutatea lor, aceste pietricele acționează asupra firului senzitiv, care este parte componentă a organului de echilibru la rac. Astfel de pietricele există și în urechea omului în apropierea principalului său organ al auzului. Acționând în direcție verticală, aceste pietricele indică direcția forței de gravitație. În loc de pietricele Kreidel a introdus în urechea racilor pilitură de fier, lucru pe care ei nu l-au observat. Când magnetul era aproape de rac, acesta din urmă se plasa în planul perpendicular pe rezultanta dintre forța magnetică și cea de gravitație.

„În ultimul timp, experiențe asemănătoare, dar în formă schimbată, au fost încercate și asupra omului. Keller lipea particule mici de fier de timpanul urechii; în acest fel, urechea percepea oscilațiile forței magnetice ca pe un sunet“ (prof. O. Winer).

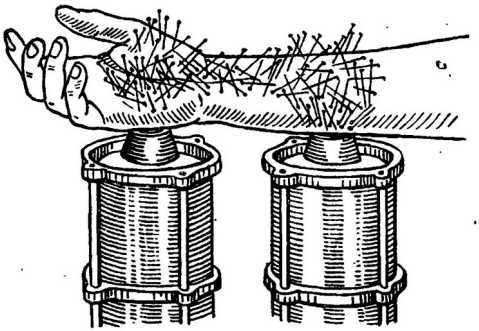


Fig. 91 — Forţele magnetice trec prin mînă.

Dar nu este greu de stabilit în mod indirect modul în care se distribuie aceste forțe. În acest scop cel mai bine este să folosim pilitura măruntă de fier. Așezați un strat subțire egal de pilitură pe o bucată de carton neted sau pe o placă de sticlă, iar sub carton sau placă puneți un magnet obișnuit și scuturați pilitura prin lovituri ușoare. Forțele magnetice trec liber prin carton și prin sticlă; prin urmare, sub influența magnetului, pilitura de fier se magnetizează și, când o scuturăm, ea se desprinde pentru o clipă de placă și, sub acțiunea forțelor magnetice, poate să ocupe acea poziție pe care în punctul respectiv l-ar fi ocupat acul magnetic, adică de-a lungul „liniei de forță” magnetice. În rezultat, pilitura se așază rânduri-rânduri, arătând astfel distribuția liniilor de forță magnetice invizibile. Așezăm placa noastră cu pilitură pe magnet și o scuturăm. Obținem figura reprezentată în figura 92. Forțele magnetice creează un sistem complex de linii curbe. Vedeți cum ele diverg ca niște raze de la fiecare pol al magnetului, cum se unesc formând când arcuri scurte, când lungi între cei doi poli. Aici pilitura de fier ne arată vizibil ceea ce-și imaginează fizicianul și ceea ce există în mod invizibil în jurul fiecărui magnet. Cu cât se află mai aproape de pol, cu atât liniile formate din pilitură sunt mai dese și mai nete; dimpotrivă, cu cât se depărtează mai mult de poli, cu atât se răresc mai mult și devin mai puțin nete, demonstrând faptul că forțele magnetice slăbesc o dată cu distanța.

CUM SE MAGNETIZEAZĂ OȚELUL?

Pentru a răspunde la această întrebare pusă adesea de cititori, trebuie să explicăm înainte de toate prin ce se deosebește un magnet de o bară de oțel nemagnetic. Ne putem imagina fiecare atom de fier care intră în compoziția oțelului, magnetizat sau nemagnetizat, ca pe un magnet micuț. În oțelul nemagnetizat, acești magneți atomici sunt așezați dezordonat, astfel încât acțiunea fiecăruia este anihilată de acțiunea contrară a magnetului așezat în sens invers (fig. 93 A). Dimpotrivă, în magnet toți acești magneți elementari sunt ordonați astfel încât cu polii de același sens sunt îndreptați în aceeași direcție, după cum se arată în figura 93 B.

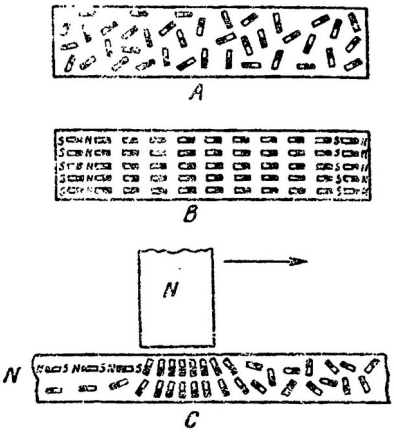


Fig. 93 — *A* — Așezarea magneților atomici într-o bandă de oțel nemagnetizat; *B* — idem în oțel magnetizat; *C* — acțiunea polului magnetului asupra magneților atomici și oțelului care este magnetizat.

Ce se petrece deci în bucata de oțel când aceasta este apropiată de un magnet? Prin forța sa de atracție, magnetul face ca magneții elementari ai barei de oțel să se întoarcă cu polii de același sens în aceeași parte. În figura 93 C este reprezentat acest fenomen: magneții elementari se rotesc întâi cu polul sud spre polul nord al magnetului, iar apoi, când magnetul se depărtează, se plasează de-a lungul direcției lui de deplasare, cu polul sud spre mijlocul barei.

De aici este ușor de înțeles cum trebuie folosit magnetul pentru a magnetiza bara de oțel: unul dintre polii magnetului trebuie apropiat de capătul barei și, apăsând bine, magnetul trebuie purtat de-a lungul barei. Aceasta este una dintre metodele cele mai simple și mai vechi de magnetizare, utilă numai pentru obținerea unor magneți slabi de dimensiuni reduse. Magneții puternici se pot obține folosindu-se proprietățile curentului electric.

ELECTROMAGNEȚII URIAȘI

Prin uzinele metalurgice pot fi văzute macarale electromagnetice care transportă greutăți foarte mari. Aceste macarale sunt foarte utile pentru ridicarea și deplasarea maselor de fier în turnătoriile de oțel și în alte uzine de acest gen.

Blocuri masive de fier sau piese de mașină voluminoase, cu greutatea

de zeci de tone, sunt transportate cu ușurință de aceste macarale, fără a mai fi necesară fixarea lor. Tot așa sunt transportate fără ambalaj foi metalice, sârma, cuiele și alte materiale al căror transport ar fi dat destulă bătaie de cap dacă s-ar fi folosit o altă metodă.

În figura 94 și 95 se arată cum sunt utilizați magneții în acest scop. Ce muncă migăloasă ar fi fost adunarea și transportul acestor plăci de fier, pe care le-a adunat și transportat în timpul cel mai scurt macaraua cu magnet din figura 94; aici nu este vorba numai de economie de forță, ci și de simplificarea muncii. În figura 95 vedeți cum macaraua cu magnet transportă chiar cuie ambalate în butoaie, ridicând dintr-o dată câte șase butoaie. Într-o uzină metalurgică care dispune doar de patru macarale, din care fiecare poate transporta dintr-o dată zece șine, este înlocuită munca manuală a două sute de muncitori. Obiectele transportate nu trebuie fixate în niciun fel: atât timp cât prin bobina electromagnetului circulă curentul, nu va cădea niciunul dintre obiectele transportate.

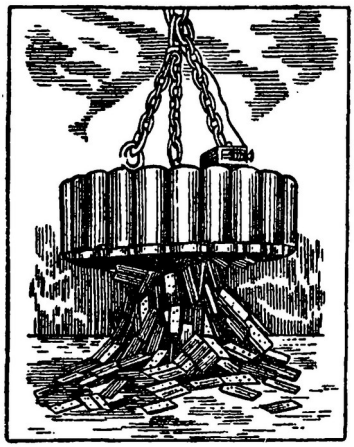


Fig. 94 — Macaraua electromagnetică poate transporta plăci de fier.

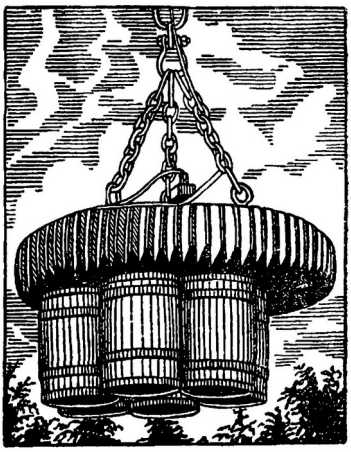


Fig. 95 — Macaraua electromagnetică transportă butoaie cu cuie.

Dacă însă, dintr-un motiv oarecare, curentul prin bobină este întrerupt, atunci accidentul este inevitabil. La început au fost astfel de cazuri. „Într-una din uzinele americane — citim într-o revistă tehnică – electromagnetul ridica blocurile de fier aduse în vagoane și le arunca în cuptor. Dar la uzina electrică de pe Niagara care furniza curentul electric: s-a produs o defecțiune și curentul s-a întrerupt; masa metalică s-a desprins de electromagnet și s-a prăvălit cu întreaga-i greutate în capul unui muncitor. Pentru a evita repetarea unor astfel de accidente,

precum și în scopul economisirii consumului de energie electrică, se folosesc acum niște dispozitive speciale. După ce obiectele care urmează a fi transportate sunt ridicate de magnet, sunt coborâte și fixate niște dispozitive de prindere din oțel, care susțin greutatea, chiar dacă curentul este întrerupt în timpul transportului”.

Diametrul electromagneților reprezentați în figurile 94 și 95 atinge $1^1/_2$ m; fiecare magnet ca acesta transportă în 24 de ore peste 600 de tone de materiale. Există electromagneți care pot ridica dintr-o dată 75 de tone, adică o locomotivă întreagă!

Poate că, privind modul cum funcționează acești electromagneți, unii cititori își spun în gând: ce comod ar fi fost să se transporte masele de fier incandescente cu ajutorul unor astfel de macarale. Din păcate, acest lucru este posibil numai până la o anumită temperatură, pentru că fierul incandescent își pierde proprietățile magnetice. Magnetul încălzit până la 800°C își pierde proprietățile magnetice.

Tehnica metalurgică modernă folosește pe scară largă electromagneții pentru fixarea și transportul produselor de fier și fontă. Au fost construite sute de mandrine, mese și alte dispozitive care simplifică mult prelucrarea, reducând mult și timpul necesar pentru aceasta.

SCAMATORII CU MAGNEȚI

Forța electromagneților este folosită uneori și de scamatori. Nu este greu de imaginat ce trucuri de efect pot fi realizate cu ajutorul acestei forțe invizibile. Dury, autorul cunoscutei cărți *Electricitatea și utilizarea ei*, reproduce într-un loc povestirea unui scamator francez despre spectacolul dat în Alger. Scamatoria descrisă mai jos a produs asupra spectatorilor neavizați efectul unei adevărate vrăjitorii.

„Pe scenă, povestește scamatorul, se afla un mic cufăr ferecat cu fier, al cărui capac este prevăzut cu un mâner. Invit pe scenă un spectator mai voinic. La invitația mea răspunde un arab de statură mijlocie, dar vânjos, un fel de Hercule arab. Înaintează cu un aer încrezut și, zâmbind maliții, se oprește lângă mine.

— Ești foarte puternic? l-am întrebat măsurându-l din cap până-n picioare.

— Da, răspunde arabul sigur de el.

— Ești convins că vei rămâne mereu puternic?

— Absolut.

— În acest caz te înșeli: te pot lipsi într-o clipă de întreaga ta forță și vei deveni neputincios ca un copil.

Arabul a zâmbit disprețuitor, ca semn că nu crede nicio vorbă din

cele ce i-am spus.

— Apropie-te, zisei, și ridică acest cufăr.

— Arabul s-a aplecat, a ridicat cufărul și apoi a întrebat:

— Asta-i tot?

Mai așteaptă puțin, răspunsei. Apoi făcui, cu un aer cât se poate de serios, un gest plin de măreție și zisei:

— Acum ești mai slab decât o femeie. Mai încearcă o dată să ridici cufărul.

Arabul fără să se sperie câtuși de puțin de vrăjile mele, s-a aplecat din nou să ridice cufărul, care însă, de data aceasta, opune o rezistență pe care omul, cu toate eforturile-i desperate, nu reușește s-o înfrângă. El își încordează toți mușchii, ca și cum ar fi trebuit să ridice o greutate uriașă, dar încercările îi rămân zadarnice. Cu forțele epuizate, transpirat și rușinat, el renunță în cele din urmă. Acum începe să creadă în vrăjitorie".

Secretul „vrăjitoriei” era simplu. Fundul de fier al cufărului se afla așezat pe un suport, care nu era altceva decât polul unui electromagnet puternic. Atât timp cât curentul era întrerupt, cufărul putea fi ridicat cu ușurință; îndată însă ce curentul trecea prin bobina electromagnetului, cufărul nu putea fi ridicat nici chiar prin eforturile a 2—3 oameni.

MAGNETUL ÎN AGRICULTURA

Este și mai interesant serviciul pe care-l face magnetul în agricultură, permițând separarea plantelor de cultură de semințele diferitelor buruieni. Asemenea buruieni au semințe păroase, care se agață de părul animalelor care trec pe lângă ele, răspândindu-se astfel la depărtări mari de planta-mamă. Această proprietate a buruienilor, formată în decursul milioanelor de ani de luptă pentru existență, a fost folosită de tehnica agricolă pentru a separa cu ajutorul magnetului semințele păroase ale buruienilor de semințele netede ale plantelor utile, ca inul, trifoiul, lucerna. Dacă semințele plantelor de cultură sunt presărate cu pilitură de fier, atunci granulele de fier se prind de semințele buruienilor, fără a se lipi de cele netede ale plantelor de cultură. Nimerind apoi în câmpul de acțiune al unui electromagnet destul de puternic, amestecul de semințe este separat automat în semințe curate și în impurități; magnetul extrage din amestec toate semințele de care s-a prins pilitura de fier.

MAȘINA DE ZBOR MAGNETICĂ

La începutul acestui volum ne-am referit la o interesantă lucrare a

scriitorului francez Cyrano de Bergerac. Printre altele aici este descrisă o mașină de zbor curioasă, a cărei funcționare se bazează pe atracția magnetică și cu ajutorul căreia unul dintre eroii povestirii a zburat în Lună. Reproduc acest pasaj:

„Am comandat o căruță ușoară de fier; luând loc comod în ea am început să arunc în sus, deasupra mea, o sferă magnetică. Căruța mea de fier era imediat atrasă în sus. Îndată ce mă apropiam de locul în care eram atras de sferă, o aruncam din nou în sus. Chiar dacă țineam sfera în mâna înălțată deasupra capului, căruța urca, tinzând să se apropie de magnet. Astfel, după un șir de aruncări ale sferei și de înălțări ale căruței mele, m-am apropiat de locul de unde a început căderea mea pe Lună. Și deoarece în acest moment țineam strâns în mână sfera magnetică, căruța se lipea de mine și nu mă părăsea. Ca să nu fiu zdrobit în timpul căderii îmi aruncam astfel sfera, încât căderea căruței să fie frânată de atracția ei. Când eram la vreo două-trei sute de stânjeni depărtare de suprafața Lunii, am început să arunc sfera într-o direcție care forma un unghi drept cu direcția de cădere, până la apropierea completă a căruței de sol. Atunci am făcut o săritură și am coborât lin pe nisip“.

Nimeni – nici autorul romanului și nici cititorii cărții lui – nu s-a îndoit de faptul că mașina de zbor descrisă nu este bună de nimic. Dar nu cred că sunt mulți cei care știau să spună din ce cauză nu era realizabil acest proiect: că nu poate fi aruncat în sus un magnet când te afli într-o căruță de fier sau că această căruță nu va fi atrasă de magnet sau cine știe ce altceva?

Nu, magnetul poate fi aruncat în sus și el ar fi putut atrage căruța de fier dacă ar fi fost suficient de puternic și totuși mașina de zbor nu s-ar fi deplasat de loc în sus.

Vi s-a întâmplat să aruncați din barcă spre mal un obiect greu? Desigur că ați observat că atunci barca se depărtează de mai. Mușchii dumneavoastră, comunicând obiectului lansat un impuls într-o direcție, împing corpul dumneavoastră (și împreună cu el și barca) în sensul opus. Aici se manifestă acea lege a egalității forței de acțiune cu cea de reacțiune, despre care am mai vorbit. La aruncarea magnetului se petrece același lucru: călătorul, aruncând sfera magnetică în sus (cu un efort mare, pentru că sfera este atrasă de căruța de fier), respinge inevitabil întreaga căruță în jos. Apoi, când sfera și căruța se apropie din nou datorită forței de atracție, ele se întorc doar la locul lor inițial. Prin urmare, este clar că și în cazul când căruța n-ar fi cântărit nimic, prin lansarea sferei magnetice i s-ar fi putut comunica doar oscilații în jurul unei oarecare poziții mijlocii; prin această metodă nu i se poate imprima o mișcare de translație.

Pe vremea lui Cyrano (la mijlocul secolului al XVII-lea) legea acțiunii și reacțiunii nu fusese formulată încă; de aceea este îndoielnic că satiricul francez ar fi putut explica clar inconsistența proiectului său glumeț.

ASEMENEA „SICRIULUI LUI MAHOMED”

Un caz interesant a fost observat o dată în timpul lucrului cu macaraua electromagnetică. Unul dintre muncitori a observat că electromagnetul a atras o sferă de fier grea cu un lanț scurt fixat de podea, care nu i-a permis sferei să se apropie complet de magnet: între sferă și magnet a rămas o distanță de o palmă.

Tabloul era inedit: un lanț care stătea în picioare! Forța magnetului era atât de mare, încât lanțul și-a păstrat poziția verticală chiar atunci când un muncitor s-a agățat de el[1].

[1] Aceasta arată torța uriașă a electromagnetului, pentru că acțiunea de atracție a magneților slăbește mult o dată cu creșterea distanței dintre pol și corpul atras. Magnetul în formă de potcoavă, care reține în contact direct o greutate de 100 de grame, își reduce la jumătate forța sa de ridicare când între el și greutate se introduce o foaie de hârtie. Iată de ce capetele magnetului nu sunt de obicei acoperite cu vopsea, deși aceasta l-ar proteja contra ruginii.

Un fotograf aflat în apropiere s-a grăbit să fixeze pe peliculă acest moment atât de interesant și noi reproducem aici desenul în care este reprezentat un om atârnat în aer asemenea legendarului sicriu al lui Mahomed (fig. 96).

Dar iată și câteva cuvinte despre sicriul lui Mahomed. Musulmanii drept-credincioși sunt convinși de faptul că sicriul cu rămășițele „profetului“ stă suspendat în aer, în criptă, fără a se sprijini de podea sau tavan.

Este oare posibil acest lucru?

În lucrarea sa Scrisori despre diferitele materii fizice, Euler scria:

„Se spune că sicriul lui Mahomed este susținut de forța unui magnet oarecare; aceasta nu apare imposibil, pentru că există magneți artificiali care ridică până la 100 de funți [1 2]“.

Fig. 96 — Lanțul greu de fier, stînd în picioare.

[1] Scris în 1774, când electromagneții nu erau încă cunoscuți.
[2] Funtul rus = 409,512 g; englez = 453,6; german = 400 g. (n. t.)

Această explicație nu este concludentă; dacă prin această metodă (adică folosind atracția magnetică) s-ar fi realizat un asemenea echilibru pentru o clipă, atunci ar fi fost suficient cel mai mic impuls, cea mai mică mișcare a aerului, pentru a-l distruge și sicriul fie că ar fi căzut pe podea, fie că ar fi fost atras spre tavan. Practic era tot atât de imposibil să fie menținut imobil, pe cât de imposibil ar fi de așezat un con în vârful lui, deși acest lucru este admisibil din punct de vedere teoretic.

De altfel fenomenul „sicriul lui Mahomed“ poate fi reprodus foarte bine și cu ajutorul magneților, dar nu folosind atracția lor reciprocă, ci, dimpotrivă, forța lor de respingere (faptul că magneții nu se atrag numai, ci se și resping, este adesea uitat chiar de oameni care studiază fizica). După cum se știe, polii cu același semn se resping reciproc. Două bare magnetizate, așezate astfel încât polii lor de același sens se găsesc unul deasupra celuilalt, se resping; potrivind greutatea barei de sus în mod corespunzător, nu este greu să obținem ca ea să plutească deasupra celei de jos, menținându-se, fără a se atinge de aceasta, într-un echilibru stabil. Este necesar doar ca, cu ajutorul unor suporți din material nemagnetic – de exemplu din sticlă –, să se preîntâmpine posibilitatea rotirii magnetului de sus în planul orizontal. În felul acesta ar fi putut pluti în aer și. Sicriul legendar al lui Mahomed.

În sfârșit, un fenomen de acest fel este realizabil și prin forța de atracție magnetică dacă este vorba de un corp în mișcare. Pe această idee se bazează remarcabilul proiect al unei căi ferate electromagnetice fără frecare (fig. 97), propusă de fizicianul sovietic prof. B.P. Veinberg.. Proiectul este atât de instructiv,

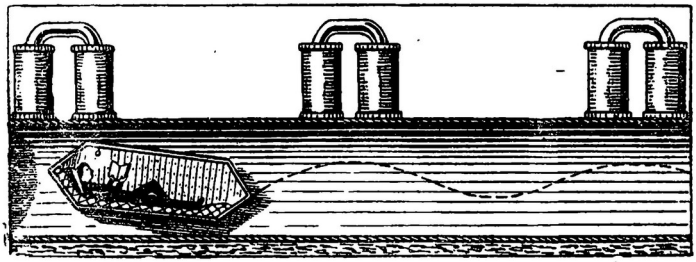


Fig. 97 — Vagonul care gonește fără frecare. Calea ferată proiectată de prof. B. P. Veinberg.

încât e util să fie cunoscut de toți cei care se interesează de fizică.

TRANSPORTUL ELECTROMAGNETIC

În calea ferată al cărei proiect a fost propus de prof. B. P. Veinberg, vagoanele vor fi absolut imponderabile, greutatea lor fiind anihilată de atracția electromagnetică. De aceea nu vă veți mira aflând că, în conformitate cu proiectul, vagoanele nu se deplasează pe șine, nu plutesc pe apă, nu planează în aer, ci ele zboară fără niciun suport, nu se ating de nimic, sunt suspendate de firele invizibile ale forțelor magnetice uriașe. Ele nu sunt supuse nici unei frecări și, prin urmare, odată puse în mișcare, își mențin prin inerție viteza, fără a avea nevoie de locomotivă.

Acest lucru se realizează în felul următor. Vagoanele se deplasează în interiorul unui tunel de cupru, din care a fost pompat aerul pentru ca rezistența lui să nu frâneze deplasarea vagoanelor. Frecarea de fundul tunelului este anihilată prin faptul că vagoanele se deplasează fără a se atinge de pereții lui, fiind susținute în vid de forța electromagneților. În acest scop, de-a lungul întregului drum, deasupra tunelului sunt așezați, la o anumită distanță între ei, electromagneți foarte puternici. Ei atrag vagoanele de fier care se deplasează în interiorul tunelului și le împiedică să cadă. Forța magneților este astfel calculată, încât vagonul de fier care trece prin tunel rămâne tot timpul între „tavanul” și „podeaua” ei, fără să se atingă de unul sau de celălalt. Electromagnetul atrage în-sus vagonul ce se deplasează sub el, dar vagonul nu are timp să atingă tavanul „pentru că se află sub acțiunea greutății sale: îndată însă ce este gata să atingă podeaua, este ridicat de forța electromagnetului următor… Astfel, atras tot timpul de electromagneți, vagonul se deplasează în linie sinuoasă fără frecare, fără șocuri, în vid, ca o planetă în spațiul cosmic.

Dar ce reprezintă oare vagoanele? Sunt niște cilindri în formă de trabuc, cu înălțimea de 90 cm și lungimea de aproximativ 2 1/2 m. Desigur că vagonul este închis ermetic – el se deplasează într-un spațiu lipsit de aer – și, asemenea submarinelor, este prevăzut cu aparate pentru purificarea automată a aerului.

Metoda de punere în mișcare a vagoanelor se deosebește și ea complet de toate metodele folosite până acum: ea poate fi comparată doar cu lansarea din tun. Și, într-adevăr, aceste vagoane sunt „lansate” ca niște obuze, numai că aici „tunul” este electromagnetic. Construcția stației de plecare se bazează pe proprietatea conductorului („solenoidului”) răsucit în spirală, sub formă de bobină, de a atrage în această înfășurare, când prin ea trece curentul, o tijă de fier; acest proces se petrece atât de repede, încât, dacă lungimea înfășurării și

intensitatea curentului sunt suficiente, tija poate căpăta o viteză uriașă. Tocmai această forță va lansa vagoanele în noua cale magnetică. Deoarece în interiorul tunelului nu există frecare, viteza vagoanelor nu scade și ele se deplasează prin inerție până când sunt oprite de solenoidul stației, de destinație.

Iată câteva amănunte date de autorul proiectului:

„Experiențele pe care le-am făcut în 1911—1913 în laboratorul de fizică al Institutului tehnologic din Tomsk, au fost efectuate cu un tub de cupru (cu diametrul de 32 cm) deasupra căruia se găseau electromagneții, iar sub el, pe un suport, se afla vagonetul – o bucată de țeavă de fier cu roți în față și în spate și cu un «cioc» cu care se proptea la oprire într-o bucată de scândură, sprijinită de un sac cu nisip. Acest vagonaș cântărea 10 kg. I se putea imprima o viteză de aproximativ 6 km pe oră, care nu putea fi depășită din cauza dimensiunilor reduse ale camerei și tubului inelar (diametrul inelului era de $6^1/_2$ m). Dar în proiectul pe care l-am elaborat, în care la stația de pornire s-au prevăzut solenoizi cu lungimea de trei verste[1], viteza putea ajunge cu ușurință la 800—1 000 km/oră, iar datorită lipsei aerului în tunel, precum și a frecării de podea sau de tavan, nu trebuie consumată niciun fel de energie pentru menținerea ei.

[1] *1 verstă = 1075 m. (n. T.)*

Cu toate că cheltuielile de amenajare ar fi mari, o bună parte dintre ele fiind necesare pentru construirea tunelului de cupru, totuși, datorită faptului că nu mai sunt necesare cheltuieli pentru energia de menținere a vitezei, pentru plata mecanicilor, conductorilor etc., costul unui kilometru ar fi între câteva miimi și 1—2 sutimi de copeici, iar capacitatea de transport a căii cu două tunete ar fi de 15 000 de pasageri sau 10 000 tone în 24 de ore într-o direcție“.

BĂTĂLIA DINTRE MARȚIENI ȘI PĂMÂNTENI

Naturalistul Pliniu din Roma antică reproduce povestirea, populară pe vremea lui, despre stânca magnetică care a existat undeva în India pe țărmul mării și care atrăgea cu o forță uimitoare toate obiectele de fier. Era vai și amar de orice marinar care îndrăznea să se apropie cu corabia sa de această stâncă. Ea extrăgea din navă toate cuiele, șuruburile, scoabele de fier și corabia se desfăcea în scânduri.

Mai târziu această legendă a intrat în poveștile din 1001 de nopți.

Desigur că este vorba de o legendă. Știm acum că munți magnetici, adică munți bogați în minereu magnetic, există cu adevărat; să ne

amintim, de exemplu, de Muntele Magnitnaia, unde se înalță acum cuptoarele Magnitogorskului. Dar forța de atragere a acestor munți este foarte mică, aproape neglijabilă. În ceea ce privește însă munți sau stânci de genul acelora despre care a scris Pliniu, ele nu au existat niciodată, pe globul nostru.

Dacă în prezent se construiesc uneori nave care nu au niciun fel de piese de fier sau de oțel, acest lucru nu se face de teama stâncilor magnetice, ci pentru a se putea studia mai bine magnetismul terestru.

La lucrările efectuate după programul Anului Geofizic Internațional din 1957—1958, din partea Uniunii Sovietice a participat o astfel de navă (goeleta „Zarea”), care nu era supusă acțiunii forțelor magnetice; peste tot unde în mod obișnuit este folosit fierul sau oțelul – în piesele motorului, ancora etc. —, aceste metale au fost înlocuite cu cupru, bronz, aluminiu și alte metale neferoase.

Romancierul K. Lasswitz a folosit ideea din legenda lui Pliniu pentru a inventa o armă militară teribilă la care recurg în romanul lui *În cele două planete* invadatorii de pe planeta Marte în lupta lor împotriva armatelor terestre. Dispunând de o astfel de armă magnetică (mai bine zis electromagnetică), marțienii nici nu intră în luptă cu locuitorii Pământului, ci-i dezarmează încă înainte de începutul bătăliei.

Iată cum descrie romancierul acest episod al luptei dintre marțieni și locuitorii Pământului.

„Rânduri sclipitoare de călăreți s-au năpustit înainte. Părea că acțiunile hotărâte ale armatei i-au forțat, în sfârșit, pe puternicul inamic (marțienii – n.a.) să se retragă, pentru că navele lui aeriene au întreprins o nouă manevră. Ele s-au înălțat în aer, părăsind locul ce-l ocupaseră.

Dar în același timp a coborât de sus o masă întunecată, apărută abia acum deasupra câmpului. Asemenea unui văl dens, această, masă, înconjurată de navele aeriene, s-a desfășurat deasupra câmpului. Iată că primul șir de călăreți a intrat în raza ei de acțiune și îndată strania mașină s-a întins deasupra întregului regiment. Acțiunea ei era neașteptată și monstruoasă! Deasupra câmpului a răsunat un strigăt de spaimă. Caii și călăreții se zbăteau ghemuiți pe pământ, iar aerul era plin de un nor dens de sulițe, spade și carabine care zburau zăngănind și trosnind spre mașina ce le atrăgea irezistibil.

Mașina a lunecat puțin într-o parte și a aruncat înapoi pe pământ tot ce secerase. De două ori a mai revenit pentru a cosi parcă întregul armament de pe câmpul de bătălie. Nu s-a aflat niciun braț căruia să nu reușească să-i smulgă sabia sau sulița.

Această mașină era o nouă invenție a marțienilor: ea atrăgea cu o forță de neînvins tot ce era confecționat din fier sau din oțel. Cu

ajutorul acestui magnet care plana în aer, marțienii smulgeau din mâna inamicului lor arma fără să-i rănească.

Magnetul aerian s-a deplasat, apropiindu-se acum de infanterie. Zadarnic căutau bieții soldați să reziste acestei forțe înspăimântătoare, agățându-se cu ambele brațe de armele lor; ele erau smulse într-o clipită din mână, iar cei care nu-și descleștau mâinile erau ridicați în aer împreună cu ea. În câteva minute primul regiment era dezarmat. Mașina s-a îndreptat spre regimentul ce mărșăluia prin oraș, pregătindu-i aceeași soartă.

Și soarta artileriei a fost aceeași."

CEASUL ȘI MAGNETISMUL

Citind extrasul de mai sus, ne punem în mod firesc întrebarea: oare nu ne putem apăra de acțiunea forțelor magnetice, nu ne putem ascunde de ele în spatele unui paravan sigur?

Acest lucru este pe deplin posibil și invenția fantastică a marțienilor ar fi putut fi făcută inofensivă dacă s-ar fi luat din timp măsurile necesare.

Oricât de straniu ar părea, substanța impermeabilă pentru forțele magnetice este același fier, care se magnetizează atât de ușor! În interiorul inelului de fier, acul busolei nu este deviat de magnetul așezat în afara inelului.

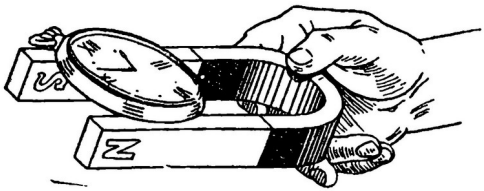


Fig. 98 — Ce anume protejează de magnetizare mecanismul de oțel al ceasului?

O cutie metalică poate proteja împotriva acțiunii forțelor magnetice mecanismul de oțel al ceasului de buzunar. Dacă ați așeza un ceas de aur pe polii unui magnet puternic în formă de potcoavă, atunci toate piesele de oțel ale mecanismului, în primul rând acul filiform al balansierului[1], s-ar magnetiza și ceasul nu ar mai funcționa bine.

[1] *Dacă acest fir nu este făcut dintr-un aliaj special invar, Care nu se magnetizează, deși în compoziția lui intră fier și-nichel.*

Îndepărtând magnetul, ceasul nu revine la starea-i anterioară,

piesele de oțel ale mecanismului vor rămâne magnetizate și ceasul va necesita o reparație serioasă și înlocuirea multora din piesele lui. De aceea ceasul de aur nu trebuie supus la astfel de experiențe, ele fiind prea costisitoare.

Dimpotrivă, experiența de mai sus o puteți efectua fără grijă cu un ceas al cărui mecanism este bine închis cu capace de fier sau de oțel: forțele magnetice nu pătrund prin fier și prin oțel. Apropiați un astfel de ceas de bobinele celui mai puternic dinam: funcționarea ceasului nu va avea de suferit câtuși de puțin. Astfel de ceasuri ieftine de fier sunt ideale pentru electrotehnicieni, în timp ce ceasurile de aur și de argint se defectează foarte repede sub acțiunea magneților.

„PERPETUUM MOBILE“ MAGNETIC

În istoria încercărilor de a inventa „motorul perpetuu”, magnetul a jucat unul dintre primele roluri. Mulți inventatori au încercat să folosească în diferite feluri magnetul pentru construirea unui mecanism care să se miște veșnic prin el însuși. Iată unul dintre proiectele unui astfel de „mecanism” (descris în secolul al XVII-lea de englezul John Wilkinson, episcopul din Chester).

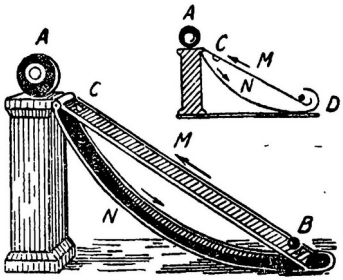


Fig 99 — Un proiect de „perpetuum mobile“ magnetic.

Un magnet puternic A se plasează pe o coloană (fig. 99). De ea se sprijină două jgheaburi înclinate M și N unul sub altul; jgheabul de sus M are un mic orificiu C în partea de sus, iar cel de jos este curbat. Inventatorul își făcea următoarea socoteală: dacă în jgheabul de sus va așeza o bilă mică de fier B, atunci aceasta, datorită atracției magnetului A, se va deplasa în sus; ajungând însă la orificiu, ea va cădea în jgheabul de jos N, se va rostogoli prin el în jos, se va ridica de-a lungul curburii D a acestui jgheab și va nimeri în jgheabul M; atras de magnet el va urca iarăși, va cădea din nou în orificiu, se va rostogoli și se va ridica din nou în jgheabul de sus, pentru a-și începe din nou mișcarea. Astfel bila își va continua mereu mișcarea, efectuând o „mișcare perpetuă”.

În ce constă absurditatea acestei invenții?

Nu este greu să ne dăm seama de realitate. De ce inventatorul a crezut că bila, după ce s-a rostogolit prin jgheabul N până la capătul lui de jos, va mai poseda o viteză suficientă pentru a se ridica pe curbura D? Așa ar fi stat lucrurile dacă bila s-ar fi rostogolit doar sub acțiunea

greutății: atunci ea s-ar fi rostogolit accelerat. Dar bila noastră se află sub acțiunea a două forțe: greutatea și atracția magnetică. Aceasta din urmă este presupusă a fi atât de mare, încât poate sili bila să se ridice din poziția B până în C. De aceea bila nu se va rostogoli accelerat prin jgheabul N, ci încetinit și, chiar dacă ajunge la capătul de jos, nu va acumula în niciun caz viteza necesară pentru a urca curba D.

Proiectul descris a fost reluat de mai multe ori ulterior în formele cele mai variate. Unul dintre proiectele de acest fel a fost chiar, oricât de curios ar părea acest lucru, patentat în Germania în 1878, adică la treizeci de ani după formularea legii de conservare a energiei! Inventatorul a mascat în așa fel ideea stupidă a „motorului magnetic perpetuu", încât a indus în eroare comisia tehnică de eliberare a patentelor. Și deși, conform statutului, nu se puteau emite patente pentru invenții a căror idee contravine legilor naturii, de data aceasta s-a acordat în mod formal patentul pentru această invenție. Probabil că fericitul posesor al acestui patent, unic în felul său, și-a pierdut repede iluziile cu privire la creația sa, pentru că chiar după doi ani a încetat să plătească taxele și curiosul patent a încetat de a mai fi legal: „invenția" a devenit un bun al tuturor. Dar nimeni nu avea nevoie de el.

O PROBLEMĂ DE MUZEU

În practica muncii de muzeu adesea se pune problema citirii unor manuscrise atât de vechi, încât ele se sfâșie la cea mai grijulie încercare de a desprinde o filă de alta. Cum se procedează în astfel de situații?

Pe lângă Academia de Științe a U.R.S.S. Există un laborator de restaurare a documentelor, în care se rezolvă toate problemele de acest gen. În cazul de mai sus, în laborator se recurge la serviciile electricității: manuscrisul se electrizează; foile alăturate, încărcate cu electricitate de același semn, se resping, separându-se fără să sufere vreo deteriorare. Foile astfel desprinse se lipesc cu grijă pe hârtie groasă.

ÎNCĂ UN PERPETUUM MOBILE IMAGINAR

Printre cei care căutau să realizeze la noi un *perpetuum mobil*e, de o mare popularitate s-a bucurat în ultimul timp ideea racordării dinamurilor la motorul electric. În fiecare an îmi parvenea cam o jumătate de duzină de astfel de proiecte. Ele se reduc toate la următoarele: roata de transmisie a electromotorului și dinamului trebuie legate printr-o curea de transmisie, iar conductorii dinamului

trebuie racordați la motor. Dacă dinamul capătă un impuls inițial, atunci curentul căruia îi dă naștere, venind în motor, îl va pune în funcțiune; energia de mișcare a motorului va fi transmisă prin curea la roata de transmisie a dinamului și-l va pune în funcțiune. Inventatorii presupun că în felul acesta mașinile se vor pune în mișcare reciproc și această mișcare nu va înceta niciodată până la uzura completă a ambelor mașini.

Această idee li se pare unora foarte ispititoare, dar cei care au încercat s-o realizeze în practică s-au convins cu uimire că niciuna dintre cele două mașini nu funcționează în aceste condiții. Nici nu trebuie să ne așteptăm la altceva de pe urma acestui proiect. Chiar dacă fiecare dintre cele două mașini ar fi avut un randament de sută la sută, noi le-am fi putut forța să funcționeze necontenit în condițiile arătate mai sus doar dacă ar fi lipsit complet frecarea. Racordând cele două mașini (realizând, cum zic inginerii, „un agregat"), se obține de fapt o singură mașină care trebuie să se pună în mișcare singură. În lipsa frecării, agregatul, ca și orice roată de transmisie, ar funcționa veșnic fără ca din această funcționare să se poată obține vreun folos: îndată ce „motorul" ar fi folosit pentru a efectua un oarecare lucru exterior, el s-ar opri. Am avea de-a face cu „mișcarea perpetuă" și nu cu un perpetuam mobile. În condițiile existenței frecării însă, agregatul nu ar funcționa de loc.

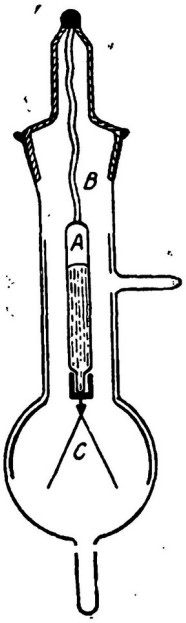


Fig. 100 — Ceasul cu radiu, care poate funcționa aproape „perpetuu" fără a fi întors 1 600 de ani.

Este curios faptul că oamenilor preocupați de această idee nu le vine în minte o realizare mult mai simplă a aceleiași idei: să lege cu ajutorul curelei două roți de transmisie oarecare și să pună în mișcare una dintre ele. Urmând același fir logic ca și în cazul de mai sus, trebuie să ne așteptăm ca prima roată să pună în funcțiune pe a doua și apoi invers. Ne putem mulțumi și cu o singură roată de transmisie: îi imprimăm o mișcare de rotație: partea dreaptă o antrenează pe cea stângă, iar aceasta din urmă, în mișcarea sa, va menține rotirea celei drepte. În ultimele două cazuri, absurditatea este prea evidentă și de aceea astfel de proiecte nu conving pe nimeni. În esență însă, toate cele trei perpetuam mobile au la bază aceeași eroare.

APROAPE PERPETUUM MOBILE

Pentru un matematician, expresia de „aproape perpetuu" nu prezintă nicio atracție. Mișcarea ori poate fi veșnică, ori nu poate fi veșnică; de fapt

„aproape perpetuu” înseamnă neperpetuu. Dar în practica de toate zilele lucrurile stau altfel. Probabil că mulți ar fi pe deplin satisfăcuți dacă ar avea la dispoziție un motor „aproape perpetuu”, care ar putea funcționa fie și numai o mie de ani. Viața omului este scurtă și pentru noi un mileniu are durata unei veșnicii. Oamenii practici ar considera, desigur, rezolvată problema perpeiuum-ului mobile și ar considera că nu este necesar să-și bată capul.

Îi putem bucura pe acești oameni aducându-le la cunoștință faptul că motorul cu viața de un mileniu a și fost inventat; oricine dispune de mijloace bănești necesare își poate procura un astfel de perpetuum mobile! Nimeni nu a solicitat patentul acestei invenții și ea nu reprezintă vreun secret. Construcția dispozitivului inventat în 1903 de prof. Sturt și numit de obicei „ceas cu radiu“ este foarte simplă (fig. 100). În interiorul unui vas de sticlă din care s-a evacuat aerul este suspendat de un fir de cuarț B (care nu conduce electricitate) un mic tub de sticlă A, în care se găsesc câteva miimi de gram de sare de radiu. De capătul tubului sunt prinse, ca în electroscop, două foițe de aur. După cum se știe, radiul emite trei feluri de raze: alfa, beta și gama. În cazul de față, rolul principal le revine razelor beta, care trec ușor prin sticlă și sunt formate dintr-un fascicul de particule încărcate negativ (electroni). Particulele difuzate de radiu în toate direcțiile poartă cu ele sarcina negativă, de aceea însuși tubul cu radiu se încarcă cu timpul pozitiv. Această sarcină pozitivă trece treptat pe foițele de aur, forțându-le să se depărteze. Depărtându-se, ele ating pereții vasului de sticlă, se descarcă (în locurile respective sunt lipite benzi de staniol, prin care se scurge electricitatea) și se apropie din nou. În curând se acumulează sarcina nouă, foițele se depărtează iar, din nou își cedează sarcina pereților de sticlă și se apropie, pentru a se electriza iarăși. La fiecare două-trei minute se efectuează o oscilație a foițelor de aur, cu regularitatea unei pendule de ceas: de aici îi vine denumirea de „ceas cu radiu“. Această oscilație continuă ani, decenii, veacuri, atâta vreme cât radiul emite raze. Bineînțeles însă că cititorul își dă seama că aici nu este vorba de un perpetuum mobile, ci doar despre un motor gratuit.

Dar cât timp își emite radiul razele?

S-a stabilit că după 1 600 de ani capacitatea de emisie a radiului scade la jumătate. De aceea ceasul cu radiu va funcționa fără întrerupere cel puțin o mie de ani; va scădea doar frecvența oscilațiilor lui datorită reducerii sarcinii electrice. Dacă un astfel de ceas ar fi fost construit încă în epoca de formare a Rusiei, el ar fi funcționat încă și în vremurile noastre.

Poate fi folosit oare acest dispozitiv în scopuri practice? Din păcate, nu. Puterea unui astfel de motor, adică lucrul mecanic efectuat într-o

secundă, este atât de mică, încât el nu poate pune în funcțiune niciun fel de mecanism. Pentru a se obține rezultate cât de cât vizibile, trebuie să dispunem de o cantitate de radiu mult mai mare. Dacă ținem seama de faptul că radiul este un element foarte rar și foarte scump, ne dăm seama că un motor de acest gen este extrem de departe de a fi economic.

Rezerve uriașe de energie stau ascunse în interiorul atomului, în nucleul atomic. Eliberarea lor ar oferi omenirii surse inepuizabile de energie. Această problemă se rezolvă sub ochii noștri.

„PĂSĂRICA LUI HOTTABÎCI"

Printre jucăriile pentru copii există una, originară din China, care-i uimește pe toți care o văd funcționând. Ea se numește „păsărica nesătulă" sau „păsărica lui Hottabîci". Plasată în fața unei căni, această păsărică își moaie ciocul în apă și, „luând o înghițitură", se îndreaptă. Rămânând puțin în această poziție, ea începe să se aplece din nou încetișor, atinge apa cu ciocul, „bea" și se îndreaptă iarăși. Această jucărie este un reprezentant tipic de motor gratuit. Mecanismul mișcării ei este foarte ingenios. Priviți figura 101. „Trupul" păsărelei este format dintr-un tub de sticlă cu o sferă la capăt, căreia i s-a dat forma unui cap cu cioc. Celălalt capăt al tubului este deschis și cufundat într-un rezervor mai larg, închis și el ermetic. Acest rezervor este umplut cu lichid în așa fel, încât nivelul acestuia depășește puțin capătul deschis al tubului.

Pentru ca păsărică „să prindă viață" trebuie să-i udăm puțin cu apă căpșorul. Câtva timp după aceasta păsărică va continua să rămână în poziție verticală, pentru că rezervorul larg de jos este mai greu decât capul. Să vedem acum ce se întâmplă mai departe. Observăm că lichidul se ridică în tub (fig. 102). Când el atinge capătul de sus al tubului, partea de sus devine mai grea decât cea de jos și pasărea își pleacă ciocul deasupra cănii. Când ea ajunge în poziție orizontală, atunci capătul deschis al tubului se află deasupra nivelului lichidului din rezervorul de jos și lichidul din tub se scurge înapoi în rezervor. „Coada" devine din nou mai grea decât capul și pasărea își reia poziția verticală. Am înțeles acum latura mecanică a problemei: mișcarea lichidului schimbă distribuția greutății față de ax, adică face să se deplaseze centrul de greutate. Dar ce anume forțează lichidul să urce?

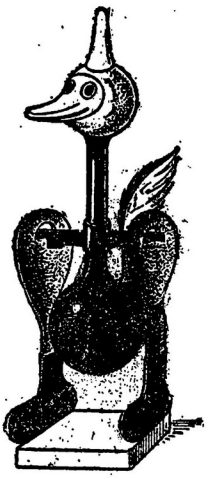


Fig. 101 — Păsărica lui Hottabîci.

Lichidul din interiorul păsării – eterul – se evaporă cu ușurință la temperatura camerei, iar presiunea vaporilor saturați ai eterului variază brusc o dată cu variația temperaturii.

Gând pasărea se află în poziție verticală, se pot distinge două regiuni ale vaporilor de eter: cea din tub și cap și cea din balonul de jos.

Capul păsării are o proprietate interesantă: când este udat cu apă atunci are o temperatură mai scăzută decât cea a mediului înconjurător. Acest lucru se obține cu ușurință, realizându-se capul dintr-un material poros care se îmbibă bine cu lichid și care-l evaporă intens. Amintiți-vă raționamentele făcute în capitolul 7. Evaporarea intensă este însoțită de scăderea temperaturii capului păsării față de temperatura tubului și cea a rezervorului de jos. Aceasta, la rândul său, duce la o reducere a presiunii vaporilor saturați din balonașul de sus și lichidul este împins pe tub în sus de presiunea mai mare a vaporilor din partea de jos a jucăriei. Centrul de greutate se deplasează și pasărea ia poziția orizontală. În această poziție au loc, independent unul de celălalt, două procese. În primul rând, pasărea își moaie ciocul în apă, muind astfel încă o dată materialul din care-i este confecționat capul. În al doilea rând are loc amestecarea vaporilor saturați din partea de jos și din cea de sus, presiunea se egalizează (datorită căldurii aerului înconjurător va avea loc o mică creștere a temperaturii vaporilor) și,

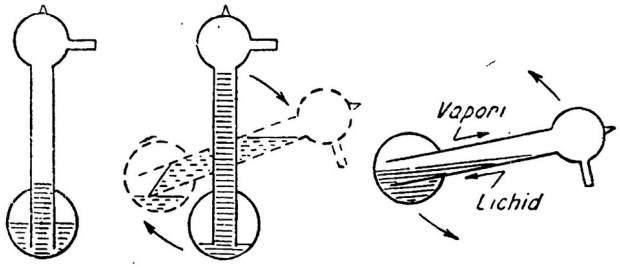


Fig. 102 — „Secretul“ de construcție a păsării lui Hottabîci.

sub acțiunea propriei lui greutăți, lichidul din tub se va scurge în rezervorul de jos. Pasărea va lua iarăși poziția verticală.

Jucăria va funcționa fără oprire atâta timp cât îi va fi umezit capul, cu condiția doar ca umezeala aerului înconjurător să nu fie mai mare: așa se va asigura o evaporare normală și deci și scăderea relativă a temperaturii capului. Astfel căldura aerului înconjurător este sursa mișcării jucăriei fermecate. Avem un exemplu vădit de motor gratuit, dar în niciun caz de perpetuum mobile.

DE CÂȚI ANI EXISTĂ PĂMÂNTUL?

Studiul legilor de dezintegrare a elementelor radioactive le-a permis cercetătorilor să dispună de o metodă sigură pentru calculul vârstei Pământului.

Ce este dezintegrarea radioactivă? Este transformarea „arbitrară” (adică independentă de cauze exterioare) a unor atomi în alții. Această transformare nu este influențată de niciun fel de factori externi. Scăderea sau creșterea temperaturii, presiunii etc. nu exercită nicio influență asupra vitezei de desfășurare a procesului[1].

[1] *Pentru aceasta ar fi trebuit o temperatură de zeci de miliarde da grade.*

Elementele uraniu, toriu și actiniu, conținute în unele minerale, stau la baza unui șir (familii) de elemente radioactive. Fiecare familie radioactivă este o succesiune de elemente radioactive care trec din unele în altele. În toate cele trei cazuri, produsul final al acestor transformări este plumbul, care diferă pentru fiecare familie de plumbul obișnuit prin „greutatea lui atomică”, un atom de plumb obișnuit fiind mai greu decât un atom de hidrogen de peste 207 ori; atomul de plumb care încheie familia uraniului de 205 ori, a toriului de 208 ori, a actiniului de 207 ori. De aceea un sort poate fi cu totul deosebit de celălalt.

Transformările menționate sunt însoțite de emiterea de către atomii ce se dezintegrează a așa-numitelor raze alfa. Acestea sunt un flux de particule materiale încărcate: nuclee de heliu, care este un gaz inert ușor. Având în momentul eliberării o viteză uriașă, ele își pierd sarcina electrică pozitivă și rămân în mineral sub formă de heliu obișnuit. Astfel se explică prezența heliului în toate mineralele radioactive.

Dar aprecierea vârstei mineralelor după conținutul de heliu poate da un rezultat inexact, pentru că heliul are proprietatea de a se evapora, ca orice gaz ușor. S-ar părea că un rezultat mai exact poate fi obținut prin aprecierea vârstei după cantitatea de plumb acumulată în mineral. La începutul deceniului al cincilea al secolului nostru, geologul englez Holmes, pornind de la aprecierea cantitativă a varietăților de plumb din diferite minerale, a ajuns la concluzia că vârsta Pământului este de 3,5 miliarde de ani.

De fapt însă Holmes nu a determinat vârsta Pământului, ci vârsta scoarței lui, bazându-se pe teoriile învechite cu privire la formarea Pământului dintr-o aglomerare incandescentă de gaze desprinsă din Soare.

În 1951—1952 academicianul A. P. Vinogradov a analizat minuțios toate datele și a ajuns la concluzia că vârsta scoarței pământești nu poate fi determinată numai pe baza datelor despre plumb. Se poate

afirma doar că ea nu depășește 5 miliarde de ani. În același timp au fost găsite minerale a căror vârstă s-a calculat a fi de 3 miliarde de ani. Bazânduse pe datele cu privire la viteza de dezintegrare și la cantitatea existentă a doi izotopi ai uraniului (cu greutatea atomică de 235 și 238), vârsta Pământului se apreciază a fi între 5 și 7 miliarde de ani.

Pornind de la aceste date și altele, se poate aprecia că vârsta Pământului este de 6 miliarde de ani. Justețea acestei afirmații este confirmată și prin faptul că același rezultat se obține prin metode cu totul diferite.

Șase mii de milioane de ani este o cifră de-a dreptul amețitoare nu numai în comparație cu viața unui om, dar și cu întreaga istorie a omenirii.

PĂSĂRI PE CONDUCTORI ELECTRICI

Știm cu toții cât de periculos este ca un om să se atingă de conductorii electrici ai tramvaielor sau ai rețelei de înaltă tensiune când aceasta se află sub tensiune. O astfel de atingere este mortală nu numai pentru om, dar și pentru animalele mari. Se cunosc multe cazuri când caii și vacile sunt ucise de curentul dintr-un conductor rupt. Cum se explică însă faptul că păsările se așază liniștit și fără niciun pericol pe acești conductori? În orașe acest tablou este foarte frecvent (fig. 103).

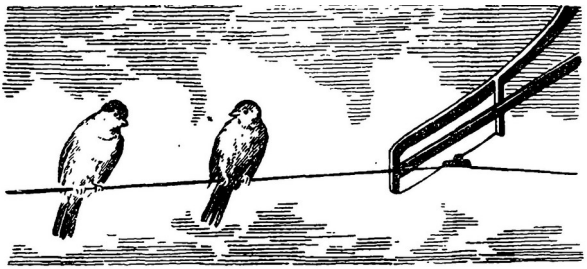


Fig. 103 — Păsările se așază fără pericol pe conductori electrici. De ce?

Pentru a înțelege cauza unei asemenea contradicții, trebuie să ținem seama de următoarele: trupul păsării așezate pe fir prezintă un fel de ramificare a circuitului, a cărui rezistență este uriașă în comparație cu cealaltă ramură (a sectorului scurt dintre picioarele păsării). De aceea intensitatea curentului din acest braț (din trupul păsării) este neglijabilă și nevătămătoare. Dacă însă pasărea ar atinge stâlpul cu aripa, coada sau ciocul, în general dacă ea ar veni într-un fel oarecare în contact cu pământul, ea ar fi ucisă instantaneu de curentul care ar trece prin

corpul ei în pământ. Și acest caz este frecvent[1].

[1] *Procesele mortale din celulele organismului viu sunt condiționate în întregime de curentul care trece prin organism. Deoarece organismul are o oarecare rezistență electrică, curentul care trece prin organism este determinat de tensiunea în raport cu pământul (n. Red. Sov.).*

Păsările obișnuiesc ca, fiind așezate pe consola conductorului de înaltă tensiune, să-și curețe ciocul de conductorul purtător de curent.

Deoarece consola nu este izolată de pământ, contactul păsării legate de pământ cu conductorul se soldează inevitabil cu pieirea ei. Cât de frecvente sunt asemenea cazuri se vede chiar și din faptul că, de exemplu în Germania, se luau la timpul respectiv măsuri speciale pentru a feri păsările de pieire. În acest scop, pe consolele liniilor de înaltă tensiune se instalau stinghii izolate, pe care pasărea se găsea în deplină siguranță chiar dacă folosea conductorul pentru a-și curăța ciocul (fig. 104). În alte cazuri se folosesc dispozitive speciale care fac ca locurile periculoase să fie inaccesibile pentru păsări.

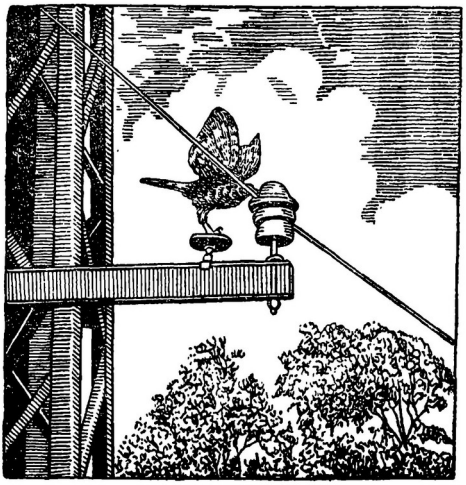


Fig. 104 — Stinghie izolată pentru păsări pe consola liniei de înaltă tensiune.

LA LUMINA FULGERELOR

Vi s-a întâmplat ca în timpul ploilor cu descărcări electrice să urmăriți imaginea unei străzi mult frecventate luminată de fulgere? Imaginați-vă o clipă că o astfel de ploaie va prins pe străzile unui oraș vechi. La lumina fulgerelor veți observa cu siguranță următoarea particularitate

curioasă: în astfel de clipe, strada atât de plină de mișcare pare încremenită. Caii se opresc în poze încordate, ținându-și picioarele în aer; trăsurile sunt nemișcate și ele: se vede clar fiecare spiță a roții…

Cauza imobilității aparente se explică prin durata foarte scurtă a fulgerului. Fulgerul, ca orice scânteie electrică, durează un interval de timp foarte scurt, atât de scurt, încât nici nu poate fi măsurat cu mijloace obișnuite. Prin metode indirecte s-a reușit să se constate că un fulger durează de la 0,001 până la 0,02 secunde[1].

[1] *Fulgerele dintre nori durează mai mult: până la 1,5 s. (n. red. sov.).*

În intervale de timp atât de scurte, lucrurile de pe stradă reușesc să se deplaseze foarte puțin. De aceea nu este de mirare faptul că strada plină de obicei de mișcări atât de variate ne apare cu totul nemișcată în lumina fulgerelor: noi observăm doar ceea ce se petrece într-un interval de timp mai scurt decât o miime de secundă! În acest interval de timp, spițele roții unei trăsuri în plin mers se deplasează doar cu o mică fracțiune de milimetru; pentru ochiul omenesc e ca și cum nici nu s-ar fi deplasat. Impresia este amplificată și prin faptul că senzația vizuală a ochiului durează un timp mult mai îndelungat decât fulgerul însuși.

CÂT COSTĂ UN FULGER?

În acea epocă îndepărtată când fulgerele erau atribuite „zeilor”, această întrebare ar fi sunat ca un sacrilegiu. Dar în zilele noastre, când energia electrică s-a transformat în marfă, care este măsurată și evaluată ca orice altă marfă, întrebarea de mai sus nu mai apare lipsită de sens. Problema constă în calcularea energiei electrice necesare pentru descărcarea respectivă și în a o evalua, fie chiar și la prețul energiei electrice de iluminat.

Iată calculul. Conform celor mai recente date, potențialul descărcării atmosferice este de 50 000 000 de volți. Intensitatea maximă a curentului se evaluează la 200 000 de amperi (menționăm de altfel că ea se stabilește după gradul de magnetizare a unei tije de oțel de curentul care trece prin înfășurarea lui când fulgerul lovește în paratrăsnet). Puterea în wați se obține înmulțind numărul volților cu cel al amperilor; trebuie totodată să se țină seama de faptul că, atât timp cât durează descărcarea, potențialul scade la zero;

De aceea la calculul puterii descărcării trebuie să se ia potențialul mediu sau, cu alte cuvinte, jumătate din tensiunea inițială. Avem:

$$puterea\ descărcării = \frac{50000000\ x 200000}{2}$$ adică 5 000 000 000 000 de wați sau 5 miliarde de kilowați.

Obținând un șir atât de impresionant de zerouri, este firesc să ne așteptăm ca și valoarea bănească a fulgerului să se exprime printr-o valoare uriașă. Pentru a obține însă energia în kilowați-oră (kWh) (aceea care figurează în chitanțele pentru iluminatul electric) este necesar să se țină seama de timp. Cedarea unei puteri atât de uriașe durează cam a 1 000-a parte dintr-o secundă. În acest interval de timp se consumă $\frac{5000000000000}{3600000000} = 1400\ kWh$. Un kilowat-ora costa, după tarif, 4 copeici. De aici calculăm cu ușurință valoarea bănească a fulgerului.

1400 x 4 = 5600 de copeici = 56 ruble.

Rezultatul este neașteptat: fulgerul, a cărui energie este de o sută de ori mai mare decât energia de tragere a unui tun greu de artilerie ar costa, conform tarifului uzinei electrice, doar 56 de ruble!

Este interesant cât de mult a reușit electrotehnica modernă să se apropie de posibilitatea de reproducere a fulgerelor. În laborator s-a realizat o tensiune de 3—5 000 000 de volți și s-a obținut o scânteie de 15 m. Atât una, cât și cealaltă sunt doar de câteva zeci de ori mai mici decât la fulgerele naturale.

O PLOAIE TORENȚIALĂ ÎN CAMERĂ

Este foarte ușor de realizat în cameră o mică fântână dintr-un tub de cauciuc, cu un capăt cufundat într-o căldare cu apă așezata pe un suport sau îmbrăcat pe robinetul de apă. Celălalt capăt al tubului trebuie să fie foarte îngust, pentru ca apa să se împartă în șuvițe foarte subțiri. Acest lucru se realizează cel mai simplu folosind la acest capăt o bucățică de creion din care s-a scos mina. Pentru ca fântâna să fie mai ușor de manevrat, capătul liber se fixează într-o pâlnie răsturnată, așa cum se arată în figura 105.

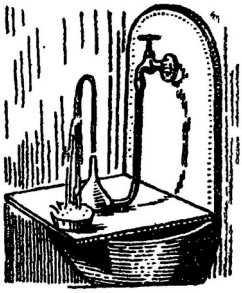


Fig. 105 — Ploaia torențială în miniatură.

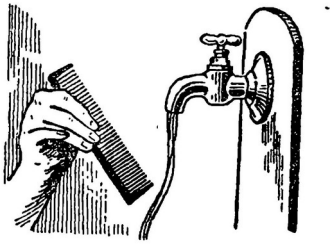


Fig. 106 — Jetul de apă deviază cînd apropiem un pieptene electrizat.

Făcând această fântână să țâșnească la înălțimea de o jumătate de metru și dirijând jetul vertical în sus, apropiați de el un bastonaș de ceară roșie sau un pieptene de ebonită, pe care le-ați frecat cu o bucățică de postav. Veți asista la un tablou neașteptat: șuvițele de apă care cădeau separat în jos se contopesc. Într-o singură șuviță, care lovește cu zgomot fundul farfuriei așezate în calea ei; Sunetul amintește zgomotul caracteristic al ploii torențiale. În legătură cu aceasta, cunoscutul fizician Boys spune: „Este neîndoielnic faptul că din această cauză picăturile de apă se transformă în timpul ploilor torențiale în picături atât de mari“. Îndepărtați bastonașul de ceară roșie și fântâna dumneavoastră se pulverizează din nou, iar zgomotul se atenuează.

În prezența unor persoane neinițiate, puteți folosi bastonașul de ceară roșie ca pe un bastonaș „vrăjit“.

Explicația acțiunii atât de neașteptate a sarcinii electrice asupra fântânii se bazează pe aceea că picăturile se electrizează prin influență; acea parte a picăturii care este îndreptată spre bastonaș capătă polaritate pozitivă, iar cea opusă una negativă. Astfel, părțile electrizate cu semn contrar se vor afla într-o vecinătate apropiată și, atrăgându-se, fac ca picăturile să se contopească.

Pentru a constata acțiunea electricității asupra jetului de apă, puteți recurge și la o experiență mai simplă; este suficient să apropiați un pieptene de ebonită, după ce mai întâi l-ați trecut prin păr, de o șuviță îngustă de apă care curge din robinet: șuvița devine compactă și deviază vizibil spre pieptene (fig. 106). Explicația acestui fenomen este mai complexă decât cea a fenomenului descris mai sus; ea este legată de variația tensiunii superficiale sub acțiunea sarcinii electrice.

Menționăm, printre altele, că prin ușurința cu care se formează sarcina electrică prin frecare se explică și electrizarea curelelor de

transmisie ce se freacă de roata de transmisie. Scânteile electrice care se produc prezintă pericol de incendiu în unele ramuri de producție. Pentru a evita acest pericol, curelele de transmisie se argintează: stratul subțire de argint face ca cureaua să devină bună conducătoare de electricitate și astfel acumularea de sarcină devine imposibilă.

Capitolul 9

REFLEXIA ȘI REFRACȚIA LUMINII. VEDEREA

O FOTOGRAFIE ÎN CINCI POZIȚII

Una dintre curiozitățile artei fotografice sunt fotografiile în care imaginea respectivă este reprezentată în cinci poziții.

În figura 107, care reprezintă o astfel de fotografie, pot fi văzute aceste cinci poziții. Astfel de fotografii prezintă față de cele obișnuite avantajul că permit observarea mai completă a particularităților caracteristice ale originalului: se știe câtă osteneală își dau fotografii pentru a găsi poziția cea mai favorabilă pentru fotografie. Aici însă persoana respectivă este fotografiată dintr-o dată în cinci poziții, din care poate fi cu ușurință aleasă cea mai caracteristică.

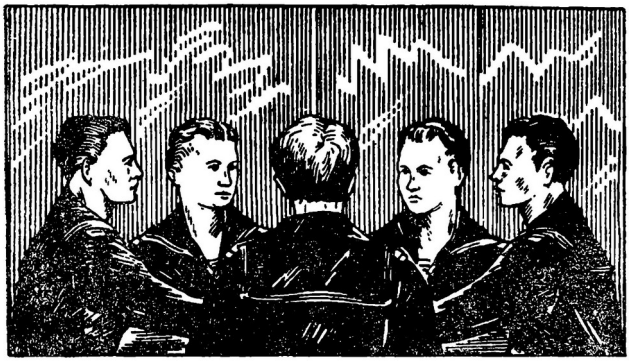


Fig. 107 — Fotografie care reprezintă aceeași persoană în cinci poziții.

Cum se obțin astfel de fotografii? Desigur cu ajutorul unor oglinzi (fig. 108). Cel fotografiat se așază cu spatele spre aparatul A și cu fața spre două oglinzi plane verticale CV care formează între ele un unghi de

72°. O astfel de pereche de oglinzi trebuie să dea patru imagini, plasate în poziții diferite față de aparat. Aceste imagini, plus obiectul din natură sunt fotografiate fără ca oglinzile (care nu au rame) să apară în fotografie. Pentru ca aparatul fotografic să nu se reflecte în oglindă, el este mascat de două ecrane (BB) cu o fantă îngustă pentru obiectiv.

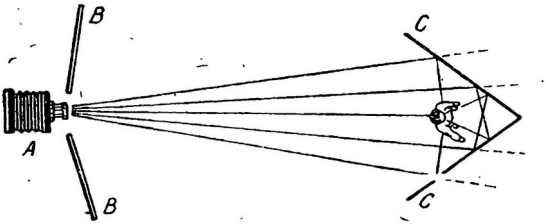


Fig. 108 — Metoda de obținere a unor fotografii cu cinci imagini în poziții diferite. Cel fotografiat se așază între oglinzile *CC*.

Numărul imaginilor depinde de unghiul dintre oglinzi: cu cât este el mai mic, cu atât este mai mare numărul imaginilor obținute. Pentru unghiul de = 90° s-ar obține patru imagini, pentru unghiul de' = 60° șase imagini, pentru unghiul de $\frac{360^\circ}{6}=60^\circ$ șase imagini, pentru unghiul de $\frac{360^\circ}{8}=45^\circ$ opt imagini ș.a.m.d. Dar atunci când numărul imaginilor este mare, ele sunt slabe și neclare; de aceea se recurge de obicei la fotografia cu cinci imagini.

MOTOARELE ȘI ÎNCĂLZITOARELE SOLARE

Este foarte ispititoare ideea de a folosi energia razelor solare pentru încălzirea cazanului de motor. Să facem un calcul simplu. Energia trimisă în fiecare minut de Soare pe fiecare centimetru pătrat al părții exterioare a atmosferei noastre așezat sub un unghi drept față de razele solare a fost calculată cu multă exactitate. Pare-se este o cantitate constantă: de aceea ea a și fost denumită „constanta solară". Mărimea constantei solare este egală (rotunjit) cu 2 calorii pe 1 cm^2 pe minut.

Această rație de căldură trimisă regulat de Soare nu ajunge în întregime la suprafața Pământului: aproximativ o jumătate de calorie este absorbită în atmosferă. Se poate considera că un centimetru pătrat de suprafață terestră pe care razele solare cad perpendicular

capătă în fiecare minut aproximativ 1/4 calorii. Trecându-se la metri pătrați, aceasta formează 14 000 de calorii mici sau 14 calorii mari pe minut, iar pe secundă aproximativ 1/4 calorii mari.

Deoarece o calorie mare, transformându-se complet în lucru mecanic dă 427 kgm, razele solare care cad perpendicular pe 1 m^2 de sol ar putea da peste 100 kgm de energie pe secundă, adică peste $1^1/_2$ cai-putere.

O cantitate de lucru egală ar fi putut fi dată de energia razelor solare în condiții optime: la incidența perpendiculară a razelor și la transformarea 100% în lucru mecanic. Dar experiențele de până acum, efectuate în direcția folosirii nemijlocite a Soarelui ca forță motoare, sunt depărtate de aceste condiții ideale. Randamentul nu a depășit 5—6%. Din toate instalațiile de acest gen, randamentul cel mai mare este

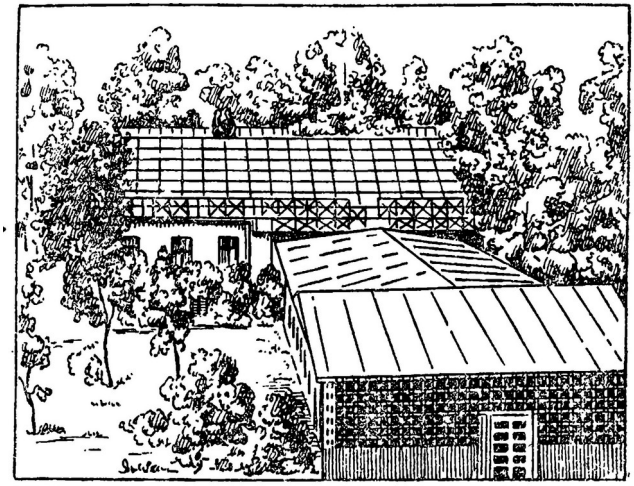


Fig. 109 — Instalație solară de încălzire a apei în R. S. S. Turkmenă.

dat de motorul solar al prof. Abbot: 15%.

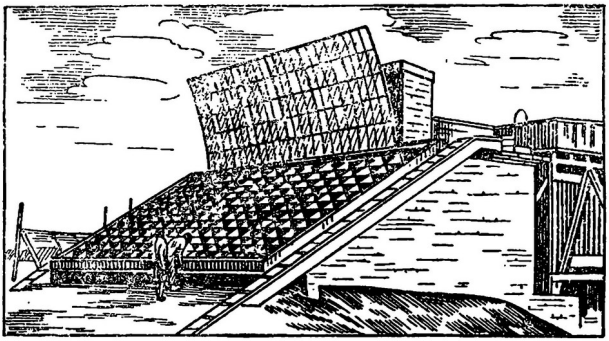


Fig. 110 — Depozit frigorifer solar în R.S.S. Turkmenă.

Energia razelor solare poate fi folosită cu mai multă eficacitate pentru încălzire decât pentru obținerea de lucru mecanic. Acestei probleme i se acordă mare atenție în U.R.S.S. Există un Helioinstitut unional special (la Samarkand), care desfășoară o activitate intensă de cercetare în această direcție. La Tașkent funcționează o baie publică solară cu o capacitate de 70 de persoane pe zi. Tot la Tașkent s-a amenajat o helioinstalație pe acoperișul uneia dintre clădiri. S-au instalat aici 20 de cazane solare care satisfac nevoile de apă caldă ale întregii case. Heliotehnicienii afirmă că Soarele va încălzi neîntrerupt aceste cazane timp de 7—8 luni pe an. Celelalte 4—5 luni apa din cazane se va încălzi numai în zilele senine. Randamentul mediu al acestei instalații de încălzire este destul de mare: 47% (cel maxim atinge 60%).

În Turkmenia a fost experimentat un frigorifer solar. Temperatura țevilor de răcire din camerele frigoriferului era de 2—3°C sub zero când temperatura aerului înconjurător era de +42°C la umbră. Acesta este primul exemplu de instalație de răcire solară.

Rezultate excelente au dat experiențele de topire solară a sulfului (temperatura de topire 120°C). Mai menționăm dispozitivele solare folosite pentru obținerea apei de băut pe țărmurile Mării Caspice și Mării Aral, elevatoarele de apă care le înlocuiesc pe cele primitive din Asia Mijlocie, uscătoriile solare pentru fructe și pește, bucătăria în care toate felurile de mâncare sunt preparate cu ajutorul „razelor solare“ etc. Toate acestea încă nu epuizează în întregime posibilitățile de utilizare multiplă a razelor solare captate artificial și care vor avea un rol de seamă în economia regiunilor din Asia Mijlocie, Caucaz, Crimeea, cursul inferior al Volgăi și sudul Ucrainei.

VISURILE DESPRE CĂCIULA FERMECATĂ

Din vechime ne-a rămas legenda despre căciula fermecată care-l face invizibil pe oricine şi-o pune în cap. Puşkin, care a reînviat în Ruslan și Ludmila legendele vremurilor de mult apuse, a lăsat descrierea clasică a proprietăților unei astfel de căciuli:

„Atuncea i-a trecut prin gând în aurita-i reverie
Să-ncerce-a vraciului scufie…
Ludmila-și pune la iuțeală
Pe ceafă scufa, pe sprâncene,
Când drept pe față, când pe dos,
Cu sucăleli și potriveală,
Să vadă cum stă mai frumos.
Dar iată ce minunăție:
S-a șters Ludmila din oglinde!…
Iar duce mina la tichie Și iat-o ca mai-înainte.
Cum o sucește, iarăși piere,
O scoate, iar se oglindește.
„Ei! Așa zic și eu plăcere:
Necazul nu mă mai pândește…[1]"

Posibilitatea de a deveni invizibilă era singura armă de apărare a sărmanei Ludmila. Sub protecția sigură a invizibilității sale, ea scapă de ochiul ager al paznicilor ei. Numai acțiunile captivei invizibile marcau prezența ei:

„Puteai ghici la orice pas
Că urma ei tot a rămas:
Ici, aurite fructe rare
Piereau din creanga foșnitoare;
Dincoace, stropii de izvor
Cădeau pe-al ierbii crud covor;
Atunci toți știau că ea
Mănâncă ici, dincoace bea…
Când noaptea prinde să-și resfire
Albastre cețuri, spre cascadă
Ludmila vine și se scaldă:
Văzuse chiar și Cernomor
Stropind o nevăzută mână
Din unda recelui izvor,
Sau clipocind în vreo fântână“[2].

[1] *A. S. PUȘKIN, Poeme, București, Cartea rusă, 1957, p. 52—53.*
[2] *Ibidem, p. 74—75.*

Multe dintre visurile cele mai cutezătoare ale vremurilor de demult au fost deja realizate, multe dintre vrăjile de poveste au devenit apanaje ale științei. Se sfredelesc munții, sunt captate fulgerele, au intrat în viața noastră de toate zilele covoarele zburătoare... Nu se poate inventa oare și căciula care să ne facă invizibili? Ne vom ocupa mai jos de această problemă.

OMUL INVIZIBIL

În romanul *Omul invizibil*, scriitorul englez Wells a căutat să-și convingă cititorii că posibilitatea de a deveni invizibil este pe deplin realizabilă. Eroul lui (autorul romanului ni-l prezintă ca pe fizicianul cel mai genial din lume) a descoperit posibilitatea de a face ca corpul uman să devină invizibil. Iată cum îi dezvăluie el unui medic, pe care-l cunoaște, bazele descoperirii sale.

„...Însușirea de a fi invizibil depinde de acțiunea pe care o exercită corpurile vizibile asupra luminii. Dă-mi voie să încep de la lucrurile elementare, așa ca și cum nu le-ai cunoaște. Asta o să-mi ajute să-ți explic mai limpede. Știi prea bine că un corp ori absoarbe lumina, ori o reflectă, ori o refractă, ori are, în sfârșit, toate aceste trei proprietăți. Dacă nici nu reflectă, nici nu refractă și nici nu absoarbe lumina, corpul nu este vizibil. Un obiect oarecare, să zicem o cutie, îți apare opac și de culoare roșie, deoarece colorantul roșu absoarbe o porțiune din radiația luminoasă și reflectă restul, adică tocmai componenta roșie a spectrului luminos pe care o percepe ochiul dumitale. Dacă nu absoarbe o anumită fracțiune din spectru, ci reflectă lumina în întregime, atunci cutia va fi albă, strălucitoare, așa cum e argintul de exemplu. Dar o cutie confecționată din diamant? Ai să vezi că suprafața ei totală n-are să-ți absoarbă prea mult lumina și nici n-are s-o reflecte decât foarte slab; numai ici-colo, unde fețele au o poziție favorabilă, lumina va fi mai intens reflectată și refractată, dând impresia aceea de scânteiere și totodată de transluciditate. Ca un fel de rețea de lumină... Acuma să vedem ce se întâmplă cu o cutie din sticlă. Asta nu mai e atât de strălucitoare și nici atât de vizibilă ca una de diamant, pentru că de astă dată reflexia și refracția vor fi mai reduse. Îți dai seama? Ba chiar, practic vorbind, poți vedea printr-însa foarte clar. Dar unele sorturi de sticlă sunt mai ușor vizibile decât altele; o cutie de cristal, de pildă, va fi mai bine vizibilă decât una făcută din sticlă ordinară, de geamuri, nu-i așa? Bun. Să mergem mai departe. O cutie din sticlă ordinara, foarte subțire, va fi greu de văzut într-o lumină slabă, pentru că va absorbi, refracta și reflecta o cantitate foarte mică de lumină. Și dacă ai să bagi în apă sau, mai bine, într-un lichid mai dens decât apa o bucată de

sticlă incoloră, obișnuită, ea o să devină aproape invizibilă. De ce? Fiindcă lumina, trecând din apă în sticla, nu e decât foarte slab reflectată și refractată... Pe scurt, nu suferă aproape nicio modificare. Astfel, sticla introdusă în apă va fi tot atât de invizibilă cum ar fi gazul de cărbuni sau hidrogenul răspândit în aer. Și asta din cauze identice.

— Da... şopti Kemp, tot ce-ai spus până acuma-i foarte clar. Astăzi orice elev de școală cunoaște toate chestiunile acestea.

— Și acum, Kemp, mai vine un fapt pe care o să-l cunoască în viitor orice elev de școală. Dacă spargi o bucată de sticlă, dragul meu, și o pisezi până o faci pulbere, ea devine mult mai ușor vizibilă în aer decât era bucata întreagă; sticla incoloră și transparentă s-a prefăcut într-un corp alb, opac. De ce? Din pricină că pulverizarea ei a multiplicat enorm suprafețele refringente. Bucata întreagă avea numai două suprafețe, pe când pulberea... Fiecare fărâmă a căpătat însușirea de a reflecta și refracta raza de lumină care o atinge... Pricepi acum de ce lumina nu va izbuti să treacă aproape de loc prin pulberea de sticlă?

Dar dacă torni în apă praful ăsta alb, știi ce se întâmplă cu el? Dispare cu totul! Sticla pisată și apa au un indice de refracție aproape egal; adică lumina, trecând dintr-una în cealaltă, suferă o reflexie și o refracție extrem de mici.

Reușești să transformi sticla într-un corp invizibil dacă o vâri într-un lichid al cărui indice de refracție este identic cu al ei. Și, ca să generalizăm, un obiect transparent devine invizibil într-un mediu oarecare dacă indicele său de refracție este egal cu al mediului. Și, dacă stai să te gândești o secundă, ai să-ți dai seama că sticla pisată poate deveni nevăzută chiar în aer dacă indicele ei de refracție poate fi modificat astfel ca să-l egaleze pe al aerului. Căci, atunci, lumina, trecând din aer în sticlă, nu va mai suferi nicio refracție și nicio reflexie[1].

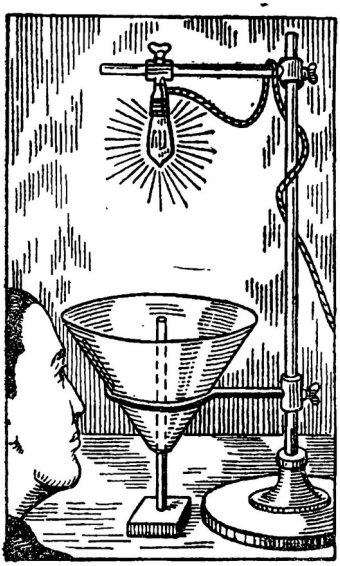


Fig. 111 — Bastonaşul de sticlă invizibil.

[1] Putem realiza invizibilitatea completă a unui obiect absolut transparent dacă-l înconjurăm cu pereți care disipează strict uniform lumina. Ochiul, care privește în interior printr-o mică deschizătură laterală, va recepționa din toate punctele obiectului exact atâta lumină ca și cum obiectul nu ar exista de loc: niciun fel de lumini sau umbre nu-i pot indica prezența.

Iată cum poate fi realizată o astfel de experiență. O pâlnie cu diametru de o jumătate de metru se așază, așa cum se arată în figura 111, la o oarecare distanță de un bec electric cu 25 de lumini. În partea de jos se introduce un bastonaș de sticlă, pe cât posibil de vertical. Devierea cea mai mică de la

poziția verticală face ca bastonașul să pară întunecat de-a lungul axei și luminos pe margini sau, dimpotrivă, luminos de-a lungul axei și întunecat pe margini. Ambele imagini, trec dintr-una în alta la cea mai ușoară schimbare a poziției bastonașului. După o serie de probe se poate obține luminarea uniformă a bastonașului și atunci el dispare, complet pentru ochiul care privește printr-o fantă laterală (cu lățimea de cel mult 1 cm). În aceste împrejurări se obține invizibilitatea completă a obiectului de sticlă, cu toate că capacitatea de refracție diferă mult de capacitatea de refracție a aerului. O altă metodă cu ajutorul căreia se poate face invizibilă, de exemplu, o bucățică de sticlă șlefuită, este de a o așeza într-o cutie acoperită în interior cu vopsea luminescentă.

— Da, da... Făcu Kemp. Dar omul nu-i sticlă pisată...

— Nu! omul e mult mai transparent.

— Ha! Asta-i o absurditate!

— Și asta o spune un doctor. Vai, cum uită omul toate cele! În zece ani ai uitat toată fizica pe care ai învățat-o? la gândește-te puțin la obiectele fără număr care de fapt sunt transparente, dar nu par astfel. Hârtia, de pildă, este făcută din fibre transparente, așa-i? De ce atunci e albă și opacă? Numai din aceeași pricină pentru care și pulberea de sticlă e albă și opacă. Unge cu ulei o hârtie albă, adică umple cu ulei spațiile dintre fibre, așa încât doar cele două suprafețe să rămână refringente, și hârtia va deveni transparentă ca sticla! Și nu numai hârtia, dar și fibrele de bumbac, de în, de lână, de lemn, ba chiar și oasele, Kemp, carnea, părul, Kemp, unghiile!... Întreaga mașină umană este de fapt alcătuită din țesuturi transparente, incolore, cu excepția hemoglobinei și a pigmentului din păr. Uite ce puțin ne trebuie ca să ne putem vedea unii pe alții! În cea mai mare parte a lor, fibrele din care e constituită o ființă vie nu sunt, la drept vorbind, mai opace decât apa”[1].

[1] *HERBERT GEORGE WELLS, Omul invizibil, Primii oameni în Lună, București, E.P.L., 1966, p. 113—116.*

Drept confirmare a acestor considerații poate servi faptul că animalele albinos (ale căror corpuri nu conțin substanțe colorante), neacoperite cu blană, se caracterizează în mare parte prin transparență. Un zoolog care a găsit în vara anului 1934, la Detskoe Selo, o broască albinos o descrie astfel: „Țesuturile subțiri ale tegumentului și mușchilor sunt transparente: se întrezăresc organele interioare, scheletul... La această broască se vede foarte bine cum funcționează inima și intestinele”.

Eroul romanului lui Wells a inventat metoda de a face transparente țesuturile organismului omenesc și chiar și substanțele lor colorante (pigmenții). El a aplicat descoperirea cu succes la propriul său corp. Experiența a reușit pe deplin: inventatorul a devenit cu totul invizibil. Vom afla îndată despre soarta acestui om invizibil.

PUTEREA INVIZIBILULUI

Autorul romanului Omul invizibil demonstrează cu o abilitate și consecvență neobișnuită că devenind transparent și invizibil, omul capătă o putere aproape nelimitată. El poate pătrunde pe nesimțite în orice încăpere și fura orice; fiind insesizabil datorită invizibilității sale, el luptă cu succes împotriva unei gloate întregi de oameni înarmați. Amenințându-i pe oamenii vizibili cu o grea pedeapsă, omul invizibil a supus populația întregului oraș. Insesizabil și inviolabil, el are posibilitatea de a face rău celorlalți oameni; oricât ar încerca ei să se apere, dușmanul invizibil îi ajunge și-i lovește mai curând sau mai târziu. Această poziție pe care o ocupă între ceilalți oameni îi dă posibilitatea eroului din roman să emită către populația orașului său ordine de genul celor de mai jos:

„Prin prezenta anunț prima zi de teroare. Spune colonelului tău de poliție și celorlalți că Port Burdock nu mai stă sub jurisdicția reginei, ci intră sub stăpânirea mea, a teroarei! Aceasta este ziua cea dintâi din anul întâi al unei epoci, Epoca Omului Invizibil. Eu sunt omul invizibil întâi!... Pentru început, legislația va fi cât se poate de blândă. În prima zi va avea loc numai o singură execuție, cu titlu de exemplu: execuția numitului doctor Kemp. Astăzi moartea se îndreaptă spre el. Poate să se încuie, să se ascundă, să-și pună strajă, să se îmbrace în armură dacă-i place. Moartea, moartea nevăzută se îndreaptă spre el. N-are decât să-și ia toate măsurile; asta are să-i impresioneze cu atât mai mult pe supușii mei. Moartea va purcede la ora prânzului din cutia poștală. Scrisoarea va cădea în cutie chiar în clipa sosirii poștașului și apoi va pleca mai departe! Jocul începe – moartea pornește. Nu-i da ajutor popor al meu, căci altfel moartea va cădea și asupră-ți”[1].

[1] *Ibidem, p. 175.*

Și, la început, omul invizibil triumfă. Populația îngrozită reușește doar cu mare greutate să-și înfrângă dușmanul invizibil care visa să-i devină stăpân.

PREPARATE TRANSPARENTE

Sunt juste oare raționamentele fizice care stau la baza acestui roman fantastic? Incontestabil. Orice obiect transparent în mediu transparent devine invizibil încă atunci când diferența dintre indicii de refracție este sub 0,05. După zece ani de la apariția Omului invizibil, anatomistul german prof. Spalteholz a realizat în practică ideea lui, ce e drept nu

pentru organismele vii, ci pentru preparate moarte. Aceste preparate ale părților corpului, chiar și ale unor animale întregi, pot fi văzute acum în multe muzee.

Metoda de realizare a preparatelor transparente, elaborată (în 1911) de prof. Spalteholz, constă pe scurt în aceea că după o anumită prelucrare – albire și spălare – preparatul este impregnat cu eter metilic de acid salicilic (acesta este un lichid incolor cu un coeficient de refracție mare). Preparatul de șoarece, pește, diferite părți ale corpului omenesc etc. Este așezat într-un vas umplut cu același lichid.

În aceste experiențe nu se caută să se obțină transparența totală a preparatelor, pentru că în acest caz ele ar deveni cu totul invizibile și, prin urmare, nefolositoare pentru anatomie.

Desigur că de aici mai este departe până la utopia lui Wells despre omul viu, atât de transparent încât să fie cu totul invizibil. Este departe pentru că mai trebuie găsită, în primul rând, metoda de a impregna cu lichid de transparență țesuturile organismului viu fără a-i tulbura funcțiunile. În al doilea rând, preparatele prof. Spalteholz sunt doar transparente, dar nu și invizibile; țesuturile acestor preparate pot fi invizibile doar atât timp cât sunt cufundate într-un vas cu un lichid cu indice de refracție corespunzător. În aer ele vor fi invizibile numai când indicele lor de refracție va fi egal cu indicele de refracție a aerului, dar nu știm încă cum se poate realiza acest lucru.

Admitem însă că vom reuși cu timpul să realizăm și una și alta și, prin urmare, să înfăptuim visul romancierului englez.

În roman, autorul a prevăzut și a judecat totul atât de amănunțit, încât fără să vrei te lași convins de realitatea evenimentelor descrise. Ți se pare că într-adevăr omul invizibil trebuie să fie cel mai puternic dintre muritori.

Dar nu este așa.

Există o mică eroare a autorului Omului Invizibil. Problema este dacă

INVIZIBILUL POATE SĂ VADĂ?

Dacă Wells și-ar fi pus această întrebare înainte de a scrie romanul, uimitoarea istorie a Invizibilului n-ar fi fost scrisă niciodată…

Într-adevăr, în acest punct se spulberă, iluzia puterii omului invizibil. Invizibilul trebuie să fie orb!

De ce este invizibil eroul romanului? Pentru că toate părțile corpului lui, inclusiv ochii au devenit transparenți și indicele lor de refracție este egal cu indicele de refracție al aerului.

Să ne amintim care este rolul ochiului: cristalinul lui, umoarea vitroasă și celelalte părți refractă razele de lumină, astfel încât pe retină

se formează imaginea obiectelor exterioare. Dar dacă indicele de refracție al ochiului este egal cu cel al aerului, este înlăturată singura cauză a refracției: trecând dintr-un mediu într-altul cu același indice de refracție, razele nu-și schimbă direcția și de aceea nu pot converge într-un punct. Razele vor trece prin ochiul omului invizibil fără niciun obstacol, nu vor suferi nicio refracție și nu se vor opri în el, datorită lipsei pigmentului[1] și, prin urmare, ele nu pot produce nicio imagine în conștiința lui.

[1] Pentru a putea produce o senzație oarecare la un animal, razele de lumină trebuie să producă în ochiul lui unele modificări, fie chiar și neînsemnate, adică să efectueze un anumit lucru. De aceea razele trebuie să fie oprite măcar în parte de ochi. Însă un ochi absolut transparent nu ar putea. S-o facă: în caz contrar, el nu ar fi transparent. La toate animalele care se apără prin transparența lor, ochii, bineînțeles dacă-i au, nu sunt transparenți. Cunoscutul oceanograf Murray scrie că sub suprafața mării majoritatea animalelor sunt transparente și incolore; când sunt scoase cu plasa, ele se disting numai prin ochișorii lor negri, pentru că sângele lor este lipsit de hemoglobină și complet transparent.

Deci omul invizibil nu poate vedea nimic. Așadar, avantajele pe care le-a căpătat sunt nefolositoare. Teribilul pretendent la putere ar fi umblat pe bâjbâite, cerșind ajutorul pe care nimeni nu i l-ar fi putut acorda, solicitantul fiind invizibil. În locul celui mai puternic muritor am fi avut în fața noastră doar un infirm jalnic, condamnat la o existență mizerabilă...

Astfel, în căutarea căciulii care te face invizibil este inutil să se pornească pe calea indicată de Wells. Chiar dacă căutările sunt încununate de succes, această cale nu poate duce la țintă.

COLORITUL DE PROTECȚIE

Există însă o altă cale de rezolvare a „invizibilității”. Ea constă în colorarea corespunzătoare a obiectelor, care le face invizibile pentru ochi. Natura recurge mereu la aceasta: prevăzându-și creațiile cu un colorit „de protecție”, ea recurge pe scară largă la această metodă simplă pentru a-și apăra creațiile de dușmani sau pentru a le ușura lupta grea pentru existență.

Ceea ce militarii numesc „culoare kaki”, zoologii numesc încă de pe vremea lui Darwin colorit de protecție. În lumea animalelor, astfel de exemple se numără cu miile; le întâlnim la fiecare pas. Animalele care locuiesc în deșert au, în majoritatea lor, culoarea gălbuie caracteristică, „culoarea deșertului”; toți reprezentanții faunei din pustiu au această culoare: leul, păsările, șopârlele, păianjenii, viermii. Dimpotrivă, animalele care populează întinderile de zăpadă ale Nordului – atât ursul

polar - atât de periculos, cât și inofensivul cufundar – sunt dotate de natură cu o culoare albă, care le face invizibile pe fondul zăpezii. Fluturii și omizile care trăiesc pe scoarța copacului au un colorit corespunzător, care reproduce cu o exactitate uimitoare culoarea scoarței copacului (Ocneria motiacha ș.a.).

Orice colecționar de insecte știe cât de greu găsibile sunt ele din cauza „culorii de protecție” cu care le-a dotat natura.

Încercați să prindeți greierașul verde care cântă chiar la picioarele dumneavoastră și veți constata că nu-l puteți distinge de fondul verde al ierbii, care-l maschează perfect.

Același lucru se poate spune și despre locuitorii apelor. Animalele marine care-și petrec viața printre algele brune au toate o culoare „de protecție” brună care le face imperceptibile pentru ochi. În zona algelor roșii, „culoarea de protecție” predominantă este cea roșie. Culoarea argintie a solzilor de pește este și ea o „culoare de protecție”. Ea-i ferește pe pești atât de răpitoarele cu pene, care-i pândesc din aer, cât și. De cele acvatice, care-i amenință de jos. Suprafața apei are un luciu de oglindă nu numai când este privită de sus, dar, mai mult chiar, când e privită de jos, din adâncimea apei („reflexie totală”) și solzii argintii ai peștilor se contopesc cu acest fond cu luciu metalic. Iar meduzele și ceilalți locuitori transparenți ai apelor – viermii, crustaceele, moluștele – și-au ales drept „culoare de protecție” transparența lor incoloră, care-i face invizibili în stihia înconjurătoare incoloră și transparentă.

Din acest punct de vedere, „performanțele” naturii depășesc cu mult spiritul inventiv al omului. Multe animale au proprietatea de a-și schimba „coloritul de protecție” în conformitate cu mediul înconjurător. Hermina alb-argintie, invizibilă pe zăpadă, și-ar fi pierdut toate avantajele coloritului dacă, o dată cu topirea zăpezii, nu și-ar fi schimbat și culoarea blănii; în fiecare primăvară, micul animal alb capătă o hăinuță nouă roșcată, care se contopește cu fondul solului eliberat de zăpadă, iar o dată cu venirea iernii albește din nou, reluându-și cocheta îmbrăcăminte albă de iarnă.

CULOAREA DE PROTECȚIE

Oamenii au preluat de la natura inventivă această artă utilă de a-și face corpul invizibil, de a se contopi cu fondul înconjurător. Culorile pestrițe ale uniformelor strălucite din vremurile trecute, care făceau atât de pitorești tablourile de bătălie, au rămas de mult în urmă: ele au fost înlocuite de binecunoscuta uniformă kaki. Culoarea cenușie, de oțel, a navelor militare moderne este și ea o culoare de protecție, care face ca navele să se distingă cât mai puțin de fondul mării.

Tot din această categorie face parte și așa-numitul „camuflaj tactic”: camuflajul militar al diferitelor obiecte – fortificații, tunuri, tancuri, nave – ceață artificială și alte măsuri asemănătoare de inducere în eroare a inamicului. Tabăra este camuflată cu rețele speciale în ale căror ochiuri se împletesc smocuri de iarbă; ostașii își pun halate de camuflaj de culoarea ierbii ș.a.m.d.

Culoarea de camuflaj se folosește pe scară largă și în aviația militară modernă.

Avioanele colorate în maron, verde-închis și violet (corespunzătoare coloritului suprafeței Pământului) se disting cu greu de fondul acestuia dacă sunt urmărite de sus dintr-un avion.

Camuflajul suprafețelor inferioare ale avionului, pentru a-l face invizibil pentru observatorii terești, se realizează prin folosirea unor culori corespunzătoare fondului ceresc: albastru-deschis, roz și alb. Aceste culori sunt distribuite pe suprafața avionului sub forma unor pete mici. La înălțimea de 750 m, aceste culori se contopesc într-un singur fond puțin vizibil. La înălțimea de 3 000 m, avioanele astfel camuflate devin invizibile. Bombardierele destinate pentru atacurile nocturne sunt vopsite în negru.

Culoarea de camuflaj valabilă în orice împrejurare ar fi suprafața de oglindă, care reflectă fondul. Obiectul care are o astfel de suprafață ia automat aspectul și coloritul mediului înconjurător; descoperirea lui de la o distanță mare este aproape imposibilă. În primul război mondial, germanii au folosit acest principiu pentru zepeline: suprafața multora dintre ele era o suprafață lucioasă de aluminiu, care reflecta cerul și norii; în timpul zborului ele puteau fi observate foarte greu dacă prezența lor nu era trădată de zgomotul motorului.

Astfel se realizează în natură și în tehnica militară visul despre căciula care te face invizibil.

OCHIUL OMENESC SUB APĂ

Imaginați-vă că puteți rămâne sub apă un timp oricât de îndelungat și să țineți tot timpul ochii deschiși. Ați vedea oare?

S-ar părea că, apa fiind transparentă, nimic n-ar trebui să vă împiedice să vedeți sub apă tot atât de bine ca și în aer.

Amintiți-vă însă de orbirea „omului invizibil”, care nu poate vedea pentru că indicele de refracție al ochiului lui este egal cu cel al aerului. Sub apă ne aflăm aproximativ în aceleași condiții ca și „invizibilul” în aer. Să vedem ce ne spun cifrele și acest lucru va deveni mai clar. Indicele de refracție a apei este 1,34. Iată și indicii de refracție ai mediilor transparente din ochiul uman:

— Corneea și umoarea vitroasă 1,34
— Cristalinul 1,45
— Umoarea apoasă 1,34

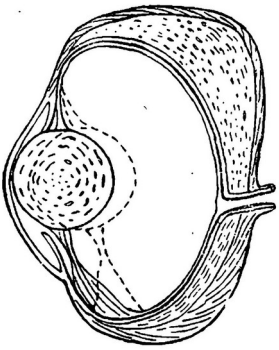


Fig. 112 — Secțiunea ochiului de pește. Cristalinul are o formă sferică pe care nu și-o schimbă la acomodare. În schimb, se modifică poziția cristalinului în ochi, după cum ne indică linia punctată.

Vedeți, așadar, că capacitatea de refracție a cristalinului este doar cu 1/10 mai mare decât a apei; pentru celelalte părți ale ochiului ea este egală cu cea a apei.

De aceea sub apă razele se adună în focar mult în spatele retinei; prin urmare, pe retină imaginea vă fi neclară și se poate distinge doar cu multă greutate. Numai oamenii foarte miopi văd sub apă mai mult sau mai puțin normal.

Dacă vreți să vă dați seama cum v-ar părea obiectele sub apă, puneți-vă niște ochelari cu lentile biconvexe: atunci focarul razelor care se refractă în ochi se va deplasa mult în spatele retinei și tot ce vă înconjură va fi neclar, ca învăluit în ceață densă.

Dar poate omul să folosească sub apă, pentru a vedea mai bine, niște lentile cu putere de refracție mare?

Sticlele obișnuite de ochelari nu pot să vă folosească prea mult; indicele de refracție al sticlei simple este de 1,5, adică numai cu puțin mai mare decât al apei (1,34); acești ochelari vor avea o refracție foarte mică sub apă. Sunt necesare sticle speciale cu o capacitate de refracție foarte mare (așa-numitul „flintglas greu“ are un indice de refracție aproape egal cu doi). Cu astfel de ochelari am fi putut vedea mai mult sau mai puțin bine sub apă (despre ochelarii speciali ai celor ce înoată sub apă vezi mai departe).

Înțelegem acum de ce la pești cristalinul este așa de bombat; el este sferic și indicele lui de refracție este mai mare decât la orice alt animal cunoscut. Dacă lucrurile n-ar fi stat astfel, atunci peștii nu s-ar fi putut servi prea mult de ochii lor, fiind condamnați să trăiască într-un mediu transparent cu indice de refracție foarte mare.

CUM VĂD SCAFANDRII?

Probabil că mulți își pun următoarea întrebare: dar cum pot vedea oare scafandrii, îmbrăcați în costumele lor speciale, dacă ochii noștri nu refractă aproape de loc lumina în apă? Știm doar că sticlele cu care sunt prevăzute căștile scafandrilor nu sunt convexe, ci plane... Oare

pasagerii lui Jules Verne de pe nava „Nautilus” puteau admira din cabina lor priveliștile oferite de lumea subacvatică?

Iată o întrebare nouă, la care, de altfel, nu este greu de răspuns. Răspunsul va fi clar dacă ținem seama de faptul că, atunci când ne aflăm sub apă fără costum de scafandru, apa aderă direct la ochiul nostru; în casca de scafandru însă (sau în cabina lui „Nautilus”), ochiul este separat de apă printr-un strat de aer (și sticlă). Aceasta face ca lucrurile să se schimbe în mod radical. Razele de lumină, ieșind din apă și trecând prin sticlă, nimeresc întâi în aer și numai după aceea pătrund în ochi. Venind din apă și căzând pe sticla plan paralelă sub un unghi oarecare, conform legilor opticii razele ies din sticlă fără să- și schimbe direcția; mai departe însă, trecând din aer în ochi, razele se refractă și, în aceste condiții, ochiul lucrează în același fel ca și pe uscat. Iată cum se rezolvă aparenta contradicție care ne pusese pe gânduri. Cea mai bună ilustrare a celor arătate mai sus este faptul că vedem bine peștii care înoată în acvariu.

LENTILELE DE STICLĂ SUB APĂ

Ați încercat vreodată să faceți următoarea experiență simplă: să cufundați în apă o lentilă biconvexă („lupă”) și să priviți prin ea obiectele cufundate în apă? încercați și veți avea o surpriză: în apă lupa nu mărește aproape de loc. Scufundați o sticlă biconcavă și veți observa că și ea își pierde în mare parte capacitatea de micșorare. Dacă experiența nu va fi făcută cu apă, ci cu un lichid al cărui indice de refracție este mai mare decât al sticlei, atunci sticla biconvexă va micșora obiectele, iar cea biconcavă le va mări.

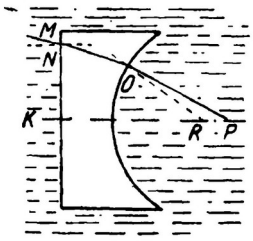


Fig. 113 — Ochelarii pentru cei care înoată sub apă au lentile plan-concave. Raza *MN*, refractîndu-se, parcurge drumul *MNOP*, depărtîndu-se în interiorul lentilei de la perpendiculara de incidență și apropiindu-se de ea (adică de *OR*) în afara lentilei. De aceea lentila funcționează ca sticlă convergentă.

Dacă însă vă veți aminti legea de refracție a razelor de lumină, atunci aceste „minuni” nu vă vor mai uimi prin caracterul lor neobișnuit. Lentila biconvexă mărește în aer pentru că sticla refractă lumina mai puternic decât aerul înconjurător. Dar între capacitatea de refracție a sticlei și cea a apei diferența nu este mare: de aceea, dacă veți cufunda lentila de sticlă în apă, atunci razele de lumină, trecând din apă în sticlă, nu suferă o deviere mare. De aceea sticla biconvexă mărește mult mai puțin sub apă decât în aer, iar cea biconcavă micșorează mult mai puțin.

De exemplu, monobromnaftalina refractă razele mai puternic decât sticla și de aceea în acest lichid

lentilele biconvexe micșorează, iar cele biconcave măresc obiectele. Tot așa funcționează sub apă și lentilele goale (mai bine zis cu aer): cele concave măresc, iar cele convexe micșorează. Pentru ochelarii subacvatici se folosesc tocmai astfel de lentile (fig. 113).

ÎNOTĂTORII LIPSIȚI DE EXPERIENȚĂ

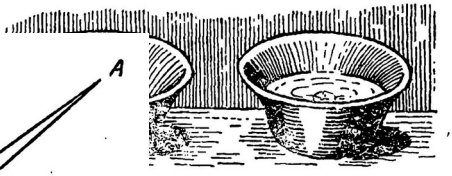
Înotătorii lipsiți de experiență sunt adesea pândiți de un pericol mare numai pentru că uită o consecință interesantă a legii de refracție a luminii; ei nu știu că refracția ridică parcă toate obiectele cufundate în apă, făcând să pară plasate mai sus de poziția lor reală. Fundul lacului, al râului, al oricărui bazin cu apă apare ridicat cu aproape o treime din adâncimea-i reală; bazându-se pe această reducere aparentă a adâncimii, oamenii nimeresc adesea în situații periculoase. Deosebit de important este ca acest lucru să fie știut de copii și de oamenii mici de statură, pentru care o astfel de eroare poate fi fatală.

Fig. 114 — Imaginea deformată a linguriței într-un pahar cu apă.

Cauza este refracția razelor de lumină. Aceeași lege optică care deformează imaginea linguriței în paharul cu apă face ca fundul bazinului să apară mai ridicat decât în realitate (fig. 114).

Puteți verifica acest lucru.

Așezați pe cineva în fața mesei, astfel încât el să nu poată vedea fundul unei cești din fața. Lui. Aruncați în ea o monedă, care, desigur, va rămâne invizibilă pentru ochiul tovarășului dumneavoastră. Rugați-l acum pe acesta să nu-și întoarcă capul și turnați apă în ceașcă. Va avea loc ceva neașteptat: moneda va deveni vizibilă pentru oaspetele dumneavoastră! Îndepărtați cu o pompiță apa și fundul cu moneda va deveni iarăși invizibil (fig. 115).



Experiența cu moneda în ceașcă.

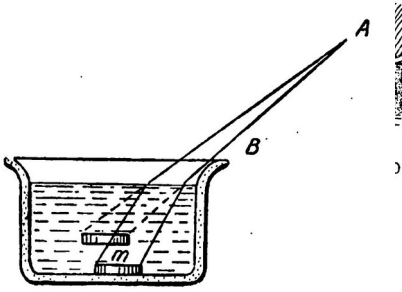


Fig. 116 — De ce în experiența din figura 115 moneda ni se pare ridicată.

Figura 116 explică cum are loc acest

fenomen. Partea în din fund i se pare observatorului (al cărui ochi se află deasupra apei în punctul A) ridicată: razele se refractă și, trecând din apă în aer, pătrund în ochi așa cum este arătat în desen, iar ochiul vede porțiunea respectivă în continuarea acestor linii, adică deasupra lui m. Cu cât sunt mai înclinate razele, cu atât mai mult se ridică m. Iată de ce fundul neted al unui lac, privind, de exemplu, dintr-o barcă, ni se pare totdeauna mai adânc direct sub noi și din ce în ce mai puțin adânc în jur.

Astfel, fundul lacului ni se pare convex. Dimpotrivă, dacă am putea privi de pe fundul unui lac podul care trece pe deasupra lui, acesta din urmă ni s-ar părea e concav (ca în fig. 117; despre metoda prin care s-a obținut această fotografie se va vorbi mai jos). În cazul de față, razele trec dintr-un mediu cu coeficient de refracție mic (aerul) într-unul cu coeficient de refracție mare (apa), de aceea și efectul obținut este contrar celui observat la trecerea razelor din apă în aer. Dintr-o cauză asemănătoare, șirul de oameni care stau, de exemplu, lângă un acvariu nu trebuie să le apară peștilor sub forma unui șir drept, ei sub forma unui arc, îndreptat cu partea-i convexă spre pești. Despre felul în care văd peștii sau, mai exact, despre felul cum ar fi trebuit să vadă ei dacă ar fi avut ochi omenești, vom discuta în curând mai amănunțit.

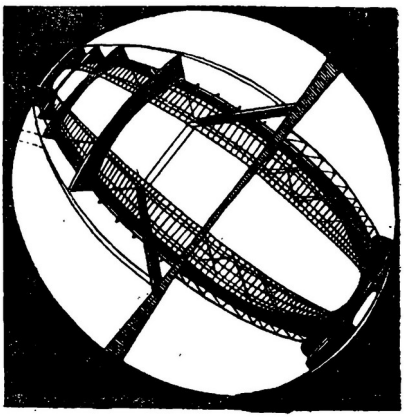


Fig. 117 — Cum îi apare observatorului subacvatic un pod de cale ferată construit peste un râu (de pe o fotografie a prof. Wood).

UN AC INVIZIBIL

Înfigeți un ac cu gămălie într-un cerculeț plan de plută și așezați-l cu acul în jos pe suprafața apei turnate într-un lighean. Dacă cerculețul nu este prea mare, atunci, oricât ați înclina capul, nu veți reuși să vedeți acul, deși s-ar părea că el este suficient de lung pentru a fi văzut (fig. 118).

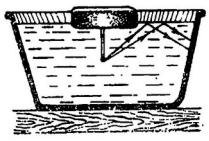


Fig. 118 — Experiența cu acul invizibil în apă.

De ce oare razele de la ac nu ajung la ochiul nostru? Pentru că ele suferă ceea ce în fizică se numește reflexie totală.

Să vă reamintim în ce constă acest fenomen.

În figura 119 putem urmări drumul razelor care

trec prin apă în aer (în general dintr-un mediu cu coeficient de refracție mai mare într-unul cu refracție mai mică) și invers. Când razele vin din aer în apă, atunci ele se apropie de *perpendiculara de incidență*; de exemplu, raza incidentă pe apă sub un unghi β la perpendiculara pe planul de incidență pătrunde în ea sub unghiul α, care este mai mic decât β (fig. 119 I, unde săgețile trebuie rotite acum în sens invers). Dar ce se întâmplă dacă raza incidentă, lunecând pe suprafața apei, cade pe suprafața ei sub un unghi aproape drept față de perpendiculară?

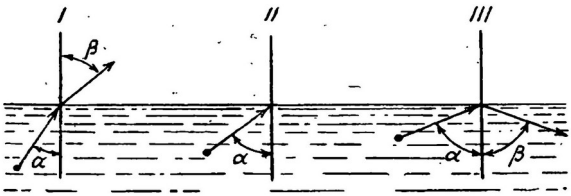


Fig. 119 — **Cazuri diferite de refracție a razei la trecerea ei din apă în aer. În cazul II raza cade sub unghiul l i m i t ă față de perpendiculara de incidență și iese din apă lunecînd de-a lungul suprafeței ei; în cazul III este reprezentată reflexia totală.**

Ea intră în apă sub un unghi mai mic decât cel drept și anume sub un unghi de numai $48^1/_2$ grade. Raza nu poate intra în apă sub un unghi mai mare față de perpendiculară decât $48^1/_2$ grade; acesta este unghiul limită pentru apă. Este necesar să ne clarificăm aceste relații pentru a înțelege mai departe consecințele cu totul neașteptate și foarte interesante ale legii refracției.

Am aflat acum că razele care intră în apă sub diferite unghiuri converg sub ea într-un con destul de îngust, cu unghiul de deschidere de $48^1/_2 + 48^1/_2 = 97°$. Să urmărim acum drumul razelor care se întorc din apă în aer (fig. 120). Conform legilor opticii, drumul va fi același și toate razele cuprinse de conul de 97° menționat mai sus vor ieși în aer sub unghiuri diferite, distribuindu-se în întregul spațiu de 180° de deasupra apei.

Dar ce se va întâmpla cu raza subacvatică aflată în afara acestui con? Ea nu va mai ieși de sub apă, ci se va reflecta în întregime de la

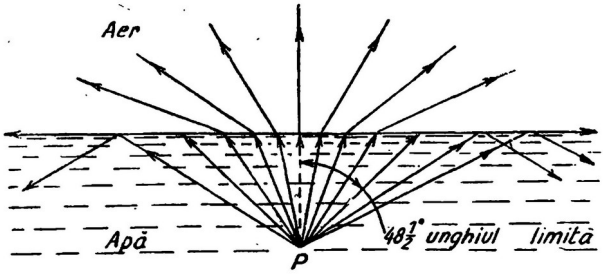


Fig. 120 — Razele care pornesc din punctul *P* sub un unghi de incidență mai mare decît cel limită (pentru apă el este de 48½ grade), nu ies din apă în aer, ci se reflectă în întregime în interior.

suprafața ei ca de la o oglindă.

În general, orice rază subacvatică care întâlnește suprafața apei sub un unghi mai mare decât cel limită (adică mai mare decât $48^1/_2$ grade) nu se refractă, ci se reflectă; are loc, după cum spun fizicienii, o reflexie totală[1].

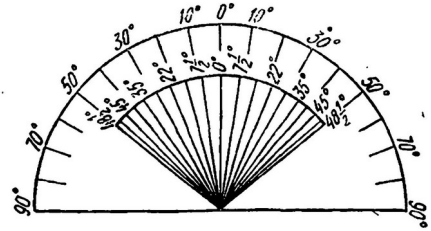


Fig. 121 — Arcul lumii exterioare, de 180°, se reduce pentru observatorul subacvatic pînă la un arc de 97°; această reducere este cu atît mai mare cu cît este mai departe porțiunea de arc de punctul zenitului (0°).

1 În cazul de față, reflexia se numește totală pentru că aici are- loc reflexia tuturor razelor incidente, în timp ce până chiar și oglinda cea mai bună (din magneziu șlefuit sau argint) reflectă numai parțial razele incidente, absorbindu-le pe celelalte. Apa însă, în condițiile arătate mai sus, este o oglindă ideală.

Dacă peștii ar fi studiat fizica, atunci pentru ei capitolul cel mai important din optică ar fi fost acela despre reflexia totală, pentru că în vederea lor subacvatică ea are un rol primordial.

Probabil că de particularitățile vederii subacvatice este legat și coloritul argintiu al peștilor. După părerea zoologilor, această culoare este rezultatul adaptării peștilor la culoarea stratului de apă de deasupra lor: după cum știm, privită de jos suprafața apei are aspectul de oglindă, datorită reflexiei totale; pe un astfel de fond, peștii argintii rămân nevăzuți pentru dușmanii lor.

LUMEA PRIVITĂ DE SUB APĂ

Sunt mulți cei care nici nu bănuiesc cât de neobișnuită ne-ar fi apărut lumea dacă am fi privit-o de sub apă: ea ar fi apărut atât de schimbată și de deformată, încât ar fi fost de nerecunoscut.

Imaginați-vă că sunteți cufundat în apă și priviți lumea de la suprafață prin perdeaua de apă de deasupra dumneavoastră.

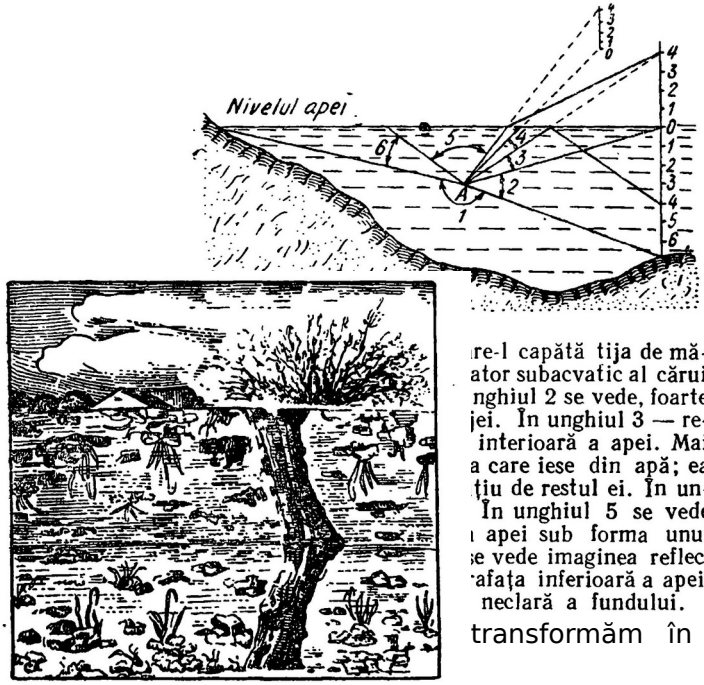
Norul suspendat pe cer deasupra capului nu-și va schimba cu nimic aspectul: raza verticala nu se refractă. Însă toate celelalte obiecte, ale căror raze cad pe suprafața apei sub unghiuri ascuțite, apar deformate: ele se contractă parcă, reducându-și înălțimea, și aceasta cu atât mai mult, cu cât este mai ascuțit unghiul dintre raza incidență și suprafața apei. Acest lucru este ușor de înțeles: întreaga lume vizibilă de deasupra apei trebuie să încapă în conul subacvatic îngust; 180 de grade trebuie să încapă în numai 97 și, ca urmare, imaginile vor fi deformate. Obiectele ale căror raze întâlnesc suprafața apei sub un unghi de 10 grade se contractă în apă într-atât, încât aproape că încetează să se mai distingă.

Dar cel mai mult ne-ar fi uimit însuși aspectul suprafeței apei: privind de sub apă, ea nu apare plană, ci în formă de con! Vi se va părea că vă aflați la fundul unei pâlnii uriașe ai cărei pereți sunt înclinați cu un unghi ceva mai mare decât cel drept (97 de grade). Marginea de sus a acestui con este încercuită de un curcubeu din benzi care au culoarea roșie, galbenă, verde, albastră și violetă. De ce? Lumea solară albă este constituită din culori diferite; fiecare culoare își are indicele său de refracție, deci și unghiul său limită. Urmarea acestui fapt este că obiectul privit de sub apă apare înconjurat de o aureolă multicoloră, formată din benzi de toate culorile curcubeului.

Dar ce se vede mai departe dincolo de marginile acestui con, care cuprinde întreaga lume de deasupra apei? Acolo se întinde suprafața lucie a apei, în care se reflectă ca într-o oglindă obiectele subacvatice.

Pentru un observator subacvatic, o înfățișare cu totul inedită capătă obiectele cufundate parțial în apă și care parțial apar deasupra ei. Presupunem că am cufundat în apă o tijă de măsurat adâncimea ei (fig. 122). Ce va vedea observatorul plasat sub apă în punctul A? Împărțim spațiul ce-l înconjură – 360 de grade – în sectoare și ne ocupăm de fiecare sector în parte. În limitele unghiului 1 el va vedea fundul râului, desigur dacă acesta este luminat suficient. În unghiul 2 el va vedea nedeformată partea tijei care se află sub apă. Aproximativ în unghiul 3 el va vedea imaginea reflectată a aceleiași părți a tijei, adică jumătatea ei subacvatică răsturnată (amintiți-vă ce s-a vorbit despre reflexia totală). Mai sus observatorul va vedea partea de tijă care iese din apă, dar ea nu vine în continuarea celei subacvatice, ci se va deplasa mult mai sus, separându-se complet de baza sa. Desigur că observatorului nici nu-i va trece prin minte că această tijă plutitoare este continuarea celei prime! În același timp tija va apărea și mult măi scurtă, mai ales în partea de jos; acolo diviziunile vor fi mult apropiate. Copacul de pe malul inundat de ape trebuie să apară observatorului subacvatic așa cum este reprezentat în figura 123.

Dar dacă în locul tijei s-ar afla un om, el ar apărea de sub apă ca în figura 124. Iată sub ce aspect le apare peștilor un om care face baie! Mergând pe fundul nu prea adânc al apei, noi ne dublăm pentru ei și ne



re-l capătă tija de măator subacvatic al cărui nghiul 2 se vede, foarte jei. În unghiul 3 — reinterioară a apei. Mai a care iese din apă; ea țiu de restul ei. În un- În unghiul 5 se vede apei sub forma unui se vede imaginea reflecafața inferioară a apei. neclară a fundului.

transformăm în două ființe: cea

Fig. 123 — Cum apare copacul inundat dacă este privit de sub apă (comparați cu fig. 122).

superioară fără picioare, cea inferioară fără cap, dar cu patru picioare! Când ne depărtăm de observatorul subacvatic, partea de sus a trupului nostru se micșorează tot mai mult în partea inferioară; la o oarecare distanță aproape întreaga parte de deasupra apei a trupului dispare și nu rămâne decât capul care planează separat.

Oare se pot verifica direct, pe cale experimentală, aceste concluzii neobișnuite? Înotând sub apă, am fi văzut foarte puțin, chiar dacă ne-am fi obișnuit să ținem ochii deschiși. În primul rând, suprafața apei nu reușește să se liniștească în acele puține secunde pe care le putem petrece sub apă, iar prin suprafața ondulată este greu să distingi ceva. În al doilea rând, după cum am explicat mai sus, indicele de refracție a apei se deosebește puțin de indicele de refracție al mediilor transparente ale ochiului nostru și de aceea pe retină se formează o imagine foarte neclară; cele înconjurătoare vor apărea ca în ceață, nebuloase. Nici observația făcută de sub casca scafandrului sau prin geamul de sticlă al submarinului nu ar putea da rezultate dorite. În aceste cazuri, după cum am arătat, deși observatorul se găsește sub apă, el nu se găsește în condițiile de vedere subacvatică: înainte de a intra în ochiul lui, în aceste cazuri razele de lumină, trecând prin sticlă, intră din nou, în mediu aerian și, prin urmare, suferă o refracție inversă; astfel ori se restabilește direcția inițială a razei, ori capătă o nouă direcție, dar în orice caz nu pe aceea pe care a avut-o în apă. Iată de ce observațiile făcute prin geamurile de sticlă ale încăperilor subacvatice nu pot da imaginea exactă a condițiilor de vedere subacvatică. Dar nu e necesar să stăm noi înșine sub apă pentru a ne da seama cum se prezintă lumea privită de sub ea.

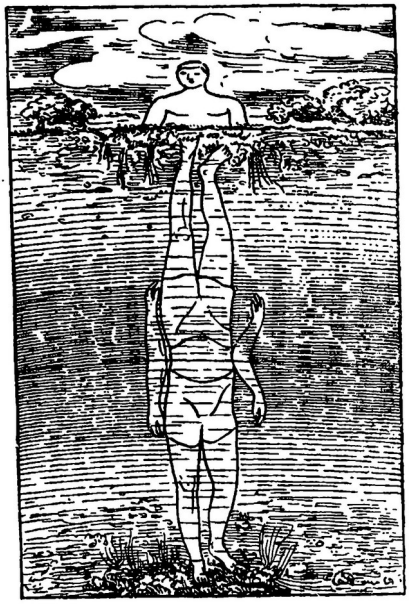


Fig. 124 — Cum îi apare observatorului subacvatic un om cufundat în apă pînă la piept (comparați cu fig. 122).

Condițiile vederii subacvatice pot fi studiate cu ajutorul unei camere fotografice speciale care este umplută cu apă. În locul obiectivului este folosită aici o placă metalică cu un mic orificiu. Este ușor de înțeles că, dacă întregul spațiu dintre orificiu și placa fotosensibilă este umplut cu apă, atunci lumea înconjurătoare trebuie să apară pe placă așa cum îi apare ea unui observator subacvatic. Prin această metodă, fizicianul american, profesorul Wood, a obținut fotografii foarte interesante, din care una este

reprodusă în figura 117. În ce privește cauza deformării obiectelor de deasupra apei pentru observatorul subacvatic (pe fotografia lui Wood, liniile drepte ale podului de cale ferată s-au obținut sub formă de arcuri), noi am arătat-o când am explicat de ce fundul plan al lacului pare concav (pag. 230).

Există și o altă metodă de a face cunoștință direct cu felul în care apare lumea observatorilor subacvatici: în apa unui, lac liniștit se poate cufunda o oglindă și, înclinând-o în mod corespunzător, se poate observa imaginea obiectelor de deasupra apei.

Rezultatele acestor observații confirmă în toate amănuntele considerațiile teoretice expuse mai sus.

Astfel, stratul transparent de apă dintre ochi și obiectele din afara acestui strat deformează întregul tablou al lumii de deasupra apei, imprimându-i contururi fantastice. Ființa care după viața pe uscat s-ar fi trezit în apă nu și-ar fi recunoscut lumea atât de familiară, atât de mult s-ar fi schimbat ea privită din adâncurile stihiei acvatice transparente.

CULORILE DIN ADÂNCUL APELOR

Un biolog descrie într-un mod foarte pitoresc schimbarea de nuanțe luminoase sub apă.

„Ne-am cufundat cu batisfera în apă și trecerea instantanee de la lumea, galben-aurie la cea verde a fost neașteptată. După ce pe geamuri nu a mai rămas spumă și nici bule de aer, ne-a inundat culoarea verde; fețele noastre, baloanele, chiar și pereții înnegriți au fost colorați de ea. De pe punte părea că ne cufundăm în ultramarinul întunecat.

Chiar la prima cufundare ochiul este lipsit de razele calde[1], adică roșii și portocalii, ale spectrului. Culoarea roșie și cea portocalie parcă nu ar fi existat niciodată; în curând și culoarea galbenă a fost absorbită de cea verde. Deși veselele raze calde formează doar o mică parte a spectrului vizibil, când ele dispar la adâncimea de 30 sau mai mulți metri rămân totuși numai frigul, întunericul și moartea.

[1], Aici cuvântul cald este folosit în sensul pe care-l acordă acestui cuvânt pictorii, caracterizând culorile; ei numesc calde culoarea roșie și portocalie, spre deosebire de cele reci, albastru și bleu.

Pe măsură ce coboram, dispăreau treptele și nuanțele verzi; la adâncimea de 60 de metri nu se mai putea spune dacă apa era albastră-verzuie sau verde-albăstruie.

La adâncimea de 180 de metri totul părea colorat în albastru dens, strălucitor. Avea o forță de iluminare atât de slabă, încât nu se mai

putea scrie sau citi.

La adâncimea de 300 de metri am încercat să determin culoarea apei: negru-albastru, cenușiu-albastru închis. Este curios că, atunci când dispare culoarea albastră, ea nu este înlocuită cu cea violetă – ultima din spectrul vizibil; probabil că ea este deja absorbită. Ultima licărire de albastru se transformă în cenușiu nedefinit, iar acesta, la rândul său în negru. Începând cu acest nivel, Soarele este învins și culorile sunt alungate pentru totdeauna, până pătrunde aici omul și străpunge cu lumina electrică tot ceea ce timp de miliarde de ani a fost negru absolut".

Despre întunericul de la adâncimi mari, același cercetător scrie într-un alt loc următoarele:

„întunericul de la adâncimea de 750 de metri părea mai negru decât se putea imagina, și totuși acum (la adâncimea de aproximativ 1 000 de metri) el părea mai negru decât negru. Părea că toate nopțile următoare din lumea de sus vor fi percepute numai ca grade relative de amurg. Și niciodată nu am mai putut folosi cuvântul negru cu o convingere absolută."

PATA OARBĂ A OCHIULUI NOSTRU

Dacă vi se va spune că în câmpul vederii dumneavoastră există un sector pe care nu-l vedeți de loc, deși el se găsește în fața dumneavoastră, desigur că nu veți crede. Este posibil oare ca o viață întreagă să nu observați o lipsă atât de mare a ochiului nostru? Și, totuși, iată o experiență simplă care vă va convinge de acest lucru.

Țineți figura 125 la o distanță de 20 de centimetri de ochiul dumneavoastră drept (închizând stângul) și priviți cruciulița din stânga; apropiați încet desenul de ochi: într-un anumit moment veți remarca că pata neagră mare de la intersecția celor două cercuri va d i s p a rea fără urmă! Nu o veți mai vedea, deși ea continuă să rămână în limitele unui sector aflat în câmpul dumneavoastră vizual și cele două cercuri vor fi văzute perfect!

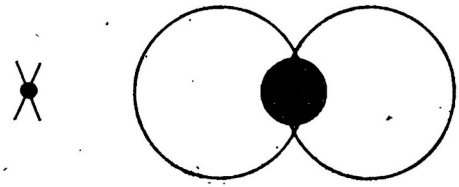


Fig. 125 — Ilustrație pentru descoperirea petei oarbe.

Această experiență, efectuată pentru prima dată în 1668 (într-o variantă întrucâtva deosebită) de cunoscutul fizician Mariotte, i-a amuzat foarte mult pe curtenii lui Ludovic al XIV-lea. Mariotte proceda astfel: îi așeza pe doi dintre curteni față în față la o distanță de 2 în unul de celălalt și-i ruga să privească cu un singur ochi un anumit punct plasat într-o parte; atunci fiecăruia dintre cei doi participanți la joc i se părea că vizaviul lui nu are cap.

Oricât de curios ni s-ar părea, dar abia în secolul al XVII-lea oamenii au aflat că pe retina ochiului există o „pată oarbă", a cărei existență nici nu fusese bănuită. Pata oarbă se află în acel loc al retinei unde nervul vizual intră în globul ochiului și nu se ramifică încă în firișoare mici purtătoare de elemente sensibile la lumină.

Noi nu remarcăm gaura neagră din câmpul nostru vizual datorită unei obișnuințe îndelungate. În mod inconștient, imaginația noastră suplinește acest gol din amănuntele fondului înconjurător: astfel, în figura 125, nevăzând pata, noi continuăm în imaginație liniile conturului și avem convingerea că vedem clar locul în care ele se intersectează.

Dacă purtați ochelari, puteți face următoarea experiență: lipiți o bucățică de hârtie pe sticla ochelarilor (nu chiar la mijloc, ci într-o parte). Primele zile această hârtie vă va deranja; va trece însă o săptămână, două și vă veți obișnui în așa măsură cu ea, încât nu o veți mai observa. De altfel lucrul acesta îl cunosc bine toți cei care au purtat ochelari cu sticla spartă: crăpătura deranjează doar în primele zile. Tot astfel, datorită unei obișnuințe îndelungate, noi nu observăm pata oarbă din ochiul nostru. Afară de aceasta, cele două pete oarbe corespund unor sectoare diferite ale câmpului vizual al fiecăruia dintre ochi, astfel încât, privind cu ambii ochi, nu există niciun gol în câmpul lor vizual comun.

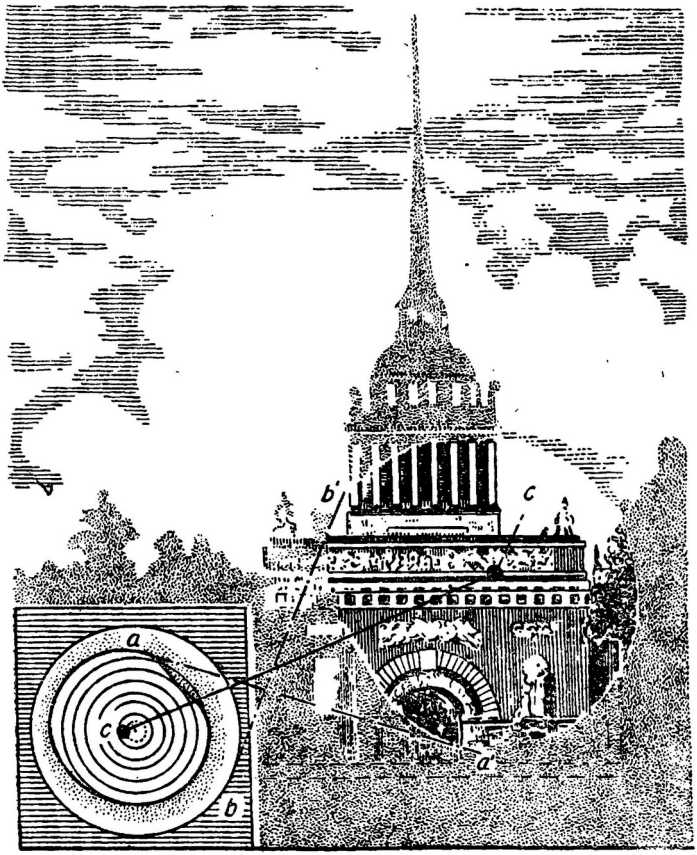


Fig. 126 — Privind clădirea cu un singur ochi, remarcăm că acesta nu percepe de loc un sector mic *C* din cîmpul vizual, corespunzător petei oarbe (*c*) a ochiului.

Să nu credeți că pata oarbă de pe retina noastră este mică, când priviți (cu un singur ochi) o casă de la distanța de 10 m; atunci din cauza petei oarbe nu vedeți o bună parte din fațada ei, un sector cu diametrul de peste un metru; el poate cuprinde o fereastră întreagă. Iar pe cer rămâne invizibilă o porțiune a cărei suprafață este egală cu suprafața a 120 de discuri de lună plină!

CÂT DE MARE NI SE PARE LUNA

Să vorbim cu acest prilej despre dimensiunile vizibile ale Lunii. Dacă-i veți întreba pe cunoscuții dumneavoastră cât de mare le apare Luna,

veți primi răspunsurile cele mai contradictorii. Majoritatea vor răspunde că Luna este cât o farfurie, dar vor fi și alții care vor afirma că ea li separe de mărimea unei farfurioare de dulceață, a unui măr, a unei vișine. Unui școlar Luna i se părea totdeauna „mare cât o masă rotundă de douăsprezece persoane”. Iar un romancier afirmă că pe cer „Luna avea un diametru de un arșin”[1].

[1] *Arșin, veche unitate de lungime rusească, egală cu 71 cm.*

De unde provine oare această diferență între dimensiunile unui aceluiași obiect văzut de persoane diferite?

Ea depinde de aprecierea diferită a distanței, apreciere care este totdeauna inconștientă. Omul care a văzut Luna mare cât un măr și-a închipuit-o la o distanță mult mai mică decât oamenii cărora ea li se pare de dimensiunile unei farfurii sau ale unei mese rotunde.

De altfel, majoritatea oamenilor își imaginează Luna mare cât o farfurie. De aici se poate trage o concluzie interesantă. Dacă calculăm (vom vedea metoda de calcul în cele ce urmează) la ce distanță plasează fiecare dintre noi Luna, care are astfel de dimensiuni vizibile, atunci constatăm că distanța respectivă nu depășește 30 m. Iată la ce distanță mică plasăm noi în mod inconștient astrul nostru nocturn!

Există multe iluzii optice bazate pe aprecierea greșită a distanței. Îmi amintesc bine iluzia optică avută o dată de mine în copilărie, pe vremea când erau noi pentru mine toate impresiile existenței. Născut și crescut în oraș, în timpul unei plimbări în împrejurimi făcute într-o primăvară, am văzut pentru prima dată în viață o cireadă de vaci care păștea în luncă; pentru că apreciasem greșit distanța, vacile mi s-au părut pitice. Vaci atât de mici nu am mai văzut și desigur că nu voi mai vedea niciodată[2].

[2] *Dar nu numai copiii, ci și oamenii mari se lasă uneori amăgiți de astfel de iluzii. Iată un fragment din povestirea Plugarul de Grigorovici:*

„împrejurimile erau ca-n palmă; copacii răsăreau chiar lângă pod; casa, dealul, păduricea păreau acum foarte aproape de sat. Toate aceste deveniseră ca niște jucării, unde firicelele de iarbă reprezintă copaci, iar cioburi de oglindă râuri“.

Dimensiunile vizibile ale aștrilor, astronomii le determină cu ajutorul unghiului sub care îi vedem. Mărime unghiulară, unghi vizual se numește unghiul format din cele două drepte duse spre ochi din punctele marginale ale corpului examinat (fig. 127). Iar unghiurile, după cum se știe, se măsoară în grade, minute și secunde. La întrebarea cu privire la mărimea discului lunar, un astronom nu vă va răspunde că el este de mărimea unui măr sau a unei farfurii, ci va spune că această mărime este de o jumătate de grad; aceasta înseamnă că dreptele

duse din marginile discului Lunii spre ochiul nostru formează un unghi de o jumătate de grad. O astfel de determinare a dimensiunilor vizuale este singura justă, care nu produce niciun fel de nedumerire.

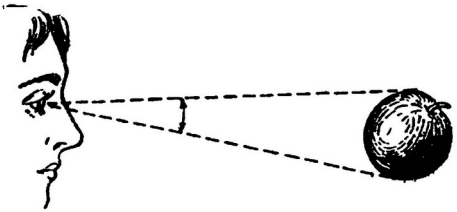


Fig. 127 — Ce este unghiul vizual.

Geometria ne învață[1] că un obiect depărtat de ochiul nostru cu o distanță de 57 de ori mai mare decât lățimea lui trebuie să-i apară observatorului sub un unghi de un grad. De exemplu, un măr cu diametrul de 5 cm va avea mărimea unghiulară de un grad dacă se va afla la distanța de 5 X 57 cm de ochi. La o distanță dublă el ne va apărea sub un unghi de $^1/_2$ de grad, adică de aceeași mărime cum ne apare și Luna. Dacă doriți, puteți spune că Luna vi se pare mare cât un măr, cu condiția însă ca acest măr să se afle la distanța de 670 cm (aproximativ 6 m) de ochii dumneavoastră. Dacă doriți să comparați mărimea Lunii cu cea a farfuriei, atunci trebuie s-o plasați pe aceasta din urmă la distanța de 30 m.

[1] *Cititorul pe care-l interesează calculele geometrice legate de unghiul vizual, va găsi explicațiile și calculele respective în cartea mea Geometria distractivă.*

Majoritatea oamenilor nu vor să creadă că Luna apare atât de mică; încercați însă să plasați o monedă de metal la o distanță de 114 ori mai mare decât diametrul ei: ea va acoperi exact Luna, deși se află numai la distanța de 2 m de ochi.

Dacă v-am propune să desenați pe hârtie un cerculeț care să reprezinte discul Lunii văzut cu ochiul liber, această problemă vi s-ar părea insuficient de clară: cercul poate fi mai mare sau mai mic, în funcție de distanța la care se află de ochi. Dar sarcina devine clară dacă alegem distanța la care obișnuim să ținem cartea, hârtia de desen etc., adică distanța de vizibilitate optimă. Pentru ochiul normal, ea este de 25 cm.

Calculăm deci ce mărime trebuie să aibă cerculețul, fie chiar pe pagina acestei cărți, pentru ca dimensiunea lui vizibilă să fie egală cu discul Lunii. Calculul este simplu: trebuie să împărțim distanța de 25 cm la 114. Obținem doar puțin mai mult de 2 mm. Este aproximativ

mărimea literei „o” folosită în cartea de față. Nici nu-ți vine să crezi că Luna, precum și Soarele, care pare egal cu ea ca dimensiuni vizibile, ne apar sub un unghi atât de mic!

Ați observat, probabil, că după ce ați privit Soarele, în câmpul dumneavoastră vizual apar mult timp niște cerculețe colorate. Acestea sunt așa-numitele „urme optice“, care au aceeași mărime unghiulară ca și Soarele. Dar dimensiunile lor aparente variază: când priviți cerul, ele au mărimea discului solar; când însă vă coborâți privirea pe cartea din fața dumneavoastră, atunci „urma“ Soarelui ocupă pe carte un locușor egal cu un cerculeț cu diametrul de aproximativ 2 mm, confirmând întru totul justețea calculelor noastre.

DIMENSIUNILE VIZIBILE ALE AȘTRILOR

Dacă, păstrând dimensiunile unghiulare, am dori să reprezentăm pe figură constelația Ursa Mare, atunci am obține desenul din figura 128. Privindu-l de la distanța de vizibilitate optimă, vedem constelația așa cum ne apare ea pe bolta cerească. Este, cum s-ar zice, o hartă a Ursei Mari, cu respectarea mărimilor unghiulare. Dacă cunoașteți bine percepția vizuală a acestei constelații, nu numai figura, ci și percepția vizuală, atunci, privind desenul alăturat, reeditați parcă iarăși această percepție. Cunoscând distanțele unghiulare dintre principalele stele ale acestei constelații (ele sunt consemnate în calendarele astronomice și publicațiile informative amănunțite), puteți desena sub „formă naturală” un întreg atlas astronomic. Pentru aceasta este suficient să aveți la dispoziție hârtie milimetrică și să considerați că fiecare $4^1/_2$ mm sunt egale cu un grad (suprafețele cerculețelor care reprezintă stelele trebuie schițate proporțional cu luminozitatea lor).

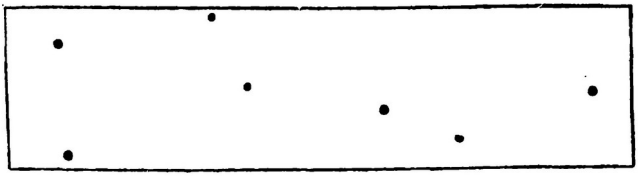


Fig. 128 — Constelația Ursa Mare. Sînt respectate mărimile unghiulare. Desenul trebuie ținut la distanță de 25 cm de ochi.

Trecem acum la planete. Dimensiunile lor vizibile, ca și ale stelelor, sunt atât de mici, încât, dacă le privim cu ochiul liber, ele ni se par niște puncte luminoase. Acest lucru este normal, pentru că niciuna dintre planete (cu excepția doar a lui Venus în perioada de luminozitate maximă a acesteia) nu-i apare ochiului liber sub un unghi mai mare de 1 minut, adică acea mărime de limită care ne mai permite să distingem

un obiect ca pe un corp care are dimensiuni (sub un unghi mai mic, orice obiect ne apare ca un punct fără contururi).

Iată mărimea diferitelor planete în secunde; în dreptul fiecărei planete sunt indicate două cifre: prima dintre ele corespunde distanței minime a astrului față de Pământ, iar cea de-a doua celei maxime:

Schițarea lor în „mărime naturală" pe hârtie este imposibilă: chiar și un minut unghiular întreg, adică 60 de secunde, corespunde, la distanța de vizibilitate optimă, doar la 0,04 mm, mărime care nu poate fi distinsă cu ochiul liber. De aceea reprezentăm discurile planetelor așa cum apar ele într-un telescop care mărește de 100 de ori. În figura 129 avem tabela mărimilor vizibile ale planetelor mărite astfel. Arcul de jos reprezintă marginea discului Lunii (sau Soarelui) văzut cu ajutorul unui telescop care mărește de 100 de ori. Deasupra lui se află Mercur în poziția lui cea mai apropiată de Pământ. Mai sus încă este Venus în diferitele ei faze; în poziția ei cea mai apropiată de noi, această planetă nu se vede de loc, pentru că este îndreptată spre noi cu partea ei neluminată[1]; apoi se vede ca o seceră îngustă: este cel mai mare dintre toate „discurile" planetare; în celelalte faze Venus se micșorează și discul ei complet are un diametru de 6 ori mai mic decât secera-i îngustă.

[1] În această fază poate fi văzută numai în acele momente foarte rare când se proiectează pe discul Soarelui sub forma unui cerculeț negru (așa- zisa trecere a lui Venus).

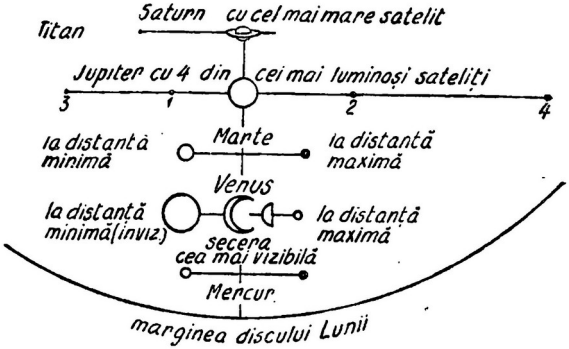


Fig. 129 — Dacă ținem acest desen la distanța de 25 cm de ochi atunci discurile planetelor desenate ne apar cu aceleași dimensiuni ca și în cazul cînd sînt văzute cu un telescop care mărește de 100 de ori.

Deasupra lui Venus este reprezentat Marte. În stânga îl vedeți când este cel mai apropiat de Pământ; așa ni-l arată un telescop care

mărește de 100 de ori. Ce se poate distinge pe un disc atât de mic? Imaginați-vă același cerculeț mărit de 10 ori și vă veți putea da seama ce anume poate vedea un astronom care folosește un telescop puternic cu o mărire de 1 000 de ori. Oare pot fi distinse într-un spațiu atât de mic cu o certitudine mare amănunte atât de fine ca așa-zisele „canale" sau pot fi observate micile variații de culoare legate, cică, de existența unei vegetații pe fundul „oceanelor'4acestei lumi? Nu este de mirare deci că afirmațiile unor observatori se deosebesc esențial de ale altora și că unii din ei consideră că ceea ce văd distinct ceilalți nu sunt decât niște iluzii optice[1].

[1] *Informațiile actuale despre Marte și alte planete nu se limitează doar la datele observațiilor vizuale. Măsurătorile cu aparate sensibile permit să se tragă concluzii bine definite și valabile despre condițiile fizice de pe planete și sateliții lor.*

Uriașul Jupiter cu sateliții lui ocupă un loc de seamă în tabela noastră: discul lui este mai mare decât al celorlalte planete (cu excepția „secerei" lui Venus), iar cei patru sateliți principali sunt plasați pe o linie aproape egală cu jumătate din discul Lunii. Aici Jupiter este reprezentat în poziția lui cea mai apropiată de Pământ. În sfârșit, Saturn cu inelul lui și cu satelitul lui cel mai mare (Titan) reprezintă de asemenea un obiectiv destul de mare în momentul de apropiere maximă de planeta noastră.

După toate cele arătate mai sus credem că cititorul a înțeles că orice obiect pe care-l vedem ni se pare cu atât mai mic cu cât ni-l imaginăm mai aproape. Și invers: dacă ne imaginăm dintr-un motiv oarecare că distanța până la obiect este mai mare decât cea reală, atunci și obiectul ni se va părea mai mare.

Reproducem mai jos povestirea interesantă a lui Edgar Poe în care este descrisă o iluzie optică de acest gen. Cu toate că ea pare nejustificată, nu este totuși fantastică. Eu însumi am căzut odată jertfă unei asemenea iluzii și cred că și mulți dintre cititori își vor aminti întâmplări asemănătoare din viața lor*

SPHINXUL

Povestire de Edgar Poe [1]

[1] *EDGAR ALLAN POE, Scrieri alese în două volume, vol. 2, București, Edit. Pentru lit. Universală, 1963, pp. 174—178 (n. t.). În text s-au făcut unele prescurtări neesențiale.*

„Pe vremea când o holeră cumplită împărățea la New York, o rudă a mea m-a poftit să petrec vreo două săptămâni cu ea în singurătatea elegantei sale vile de pe malul Hudsonului. Ne-ar fi trecut timpul într-un chip destul de plăcut de n-ar fi fost groaznicele vești care ne soseau în fiece dimineață din marele oraș. Nu era zi în care să nu aflăm de

moartea. Vreunui cunoscut. În cele din urmă ne cutremurafn la ivirea oricărui mesajer. Până și aerul ce venea dinspre miazăzi ni se părea purtător de moarte. Acest gând care îngheța sângele în vine puse cu totul stăpânire pe sufletul meu. Gazda mea era o fire mai puțin simțitoare. Și, deși foarte abătută, se străduia să-mi susțină moralul.

Către sfârșitul unei zile din cale afară de călduroasă, ședeam cu o carte în mână la o fereastră deschisă, cu vederea dincolo de malurile fluviului până la un deal depărtat. Gândurile îmi rătăceau de multă vreme între cartea pe care o aveam dinainte-mi. Și tristețea și deznădejdea din orașul învecinat. Ridicându-mi privirile de pe pagină, ele mi-au căzut deodată pe clina golașă a dealului și pe încă un amănunt: o dihanie vie, hâdă la chip și înfățișare, care-și tăia drum cu repeziciune de pe culmea dealului până la poalele lui și care a pierit în cele din urmă în pădurea deasă de sub el. Când această făptură s-a arătat pentru prima oară privirilor mele, am stat la îndoială dacă sunt în toate mințile sau cel puțin dacă vederile nu mă înșală; și au trecut mai multe clipe până să mă pot încredința că nici nebun nu eram și nici nu visam. Cu toate acestea, teamă mi-e că, descriind monstrul (pe care l-am văzut deslușit și l-am urmărit în toată voia și în tot timpul trecerii sale), cititorii vor fi mai greu de convins de adevărul acestor amănunte decât am fost eu însumi.

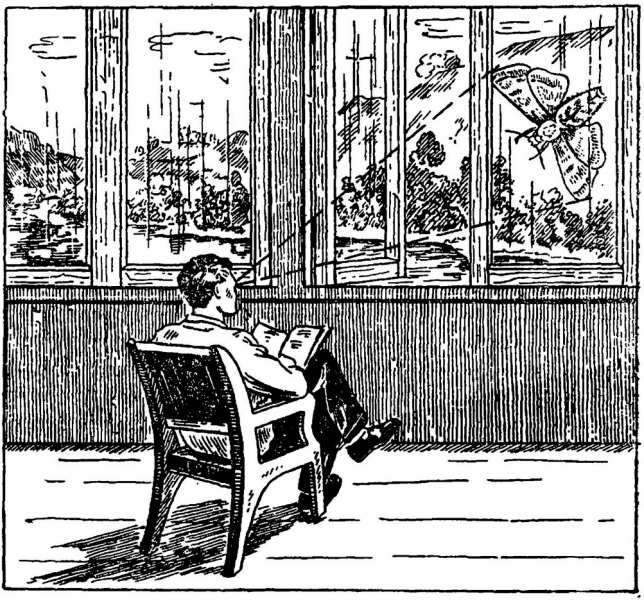


Fig. 130 — „O dihanie vie, care-și tăia drum cu repeziciune de pe culmea dealului:..“

Căutând să-mi dau seama de mărimea acelei făpturi după diametrul arborilor falnici pe lângă care trecea – puținii uriași ai pădurii care scăpaseră de urgia surpării de pământ –, am socotit că era mai mare decât oricare dintre vasele de război existente. Am zis «vas de război» fiindcă forma monstrului mă făcea să mă gândesc la aceasta. Carena unei nave de-a noastră, cu șaptezeci și patru de tunuri, poate da o idee apropiată despre conturul lui în totul. Botul animalului era așezat la capătul de unde pornea o trompă cam de șaizeci – șaptezeci de picioare[1] lungime și la fel de groasă ca trupul unui elefant obișnuit. La rădăcina trompei se afla o claie uriașă de păr negru, țepos și zburlit mult mai mult decât ar fi putut să dea pielea a vreo douăzeci de bivoli laolaltă.

[1] *Picior, unitate de lungime în Statele Unite ale Americii, egală cu 30 cm (n. t.).*

Ieșind la iveală prin părul acesta, în jos și în părți, străluceau doi colți, cam la fel ca ai mistrețului, dar de dimensiuni mult mai mari. Paralel cu trompa și de fiecare parte a ei se întindea, depășind-o, un trunchi uriaș de treizeci - patruzeci de picioare lungime, în forma unei prisme perfecte și alcătuită parcă numai și numai din cristal, care oglindea în felul cel mai minunat cu putință razele Soarelui de asfințit. Trompa închipuia un ascuțiș unghiular cu vârful îndreptat spre pământ. Monstrul mai era înzestrat cu două perechi de aripi, fiecare din ele având cam o sută de picioare lungime, așezate perechi una deasupra celeilalte, acoperite în întregime cu solzi de metal, fiece solz părând să aibă un diametru de zece- douăsprezece picioare. Am băgat de seamă că cele două rânduri de aripi erau legate cu un lanț vârtos. Dar ciudățenia cea mai de căpetenie a acelei groaznice lighioane era icoana unui cap de mort care îi acoperea aproape tot pieptul și: se desprindea atât de lămurit și strălucitor de alb pe fondul întunecat al corpului, de parcă ar fi fost zugrăvită acolo cu multă grijă de un pictor. Pe când mă uitam la acea groaznică dihanie și mai cu deosebire la semnul ei de pe piept, cu spaimă și cu moartea în suflet și cu presimțirea care, în ciuda sforțării minții mele, era cu neputință de stăpânit, că mă paște >o nenorocire, zării deodată cum se deschid fălcile uriașe de la capătul trompei și dintre ele izbucni un vaier atât de puternic, atât de sfâșietor și de jalnic, încât îmi izbi nervii ca un dangăt de clopot funebru. Și când monstrul se făcu nevăzut la poalele -dealului, am căzut deodată leșinat pe podea.

Venindu-mi în fire, bineînțeles că întâia mea dorință a fost să-i împărtășesc prietenului cele ce le-am văzut și auzit. M-a ascultat până la capăt – la început a râs din toată inima și a luat apoi o înfățișare mai mult decât îngrijorată, ca și cum nebunia mea ar fi fost un lucru ce nu putea fi pus la îndoială. În clipa aceea am avut din nou vedenia clară a

monstrului, către care i-am îndreptat pe loc atenția cu un țipăt de nemaipomenită groaza. S-a uitat cu înfrigurare, dar a susținut mereu că nu vede nimic, cu toate că îi descriam cu de-amănuntul mersul dihaniei așa cum cobora clina golașă a dealului.

Timp de câteva clipe mi-am ascuns fața în palme. Când mi-am luat mâinile de la ochi, arătarea nu mai era acolo.

Gazda îmi punea întrebări foarte amănunțite despre înfățișarea făpturii care mi se nălucise. După ce l-am mulțumit pe deplin în această privință, suspină adânc, ca și cum s-ar fi ușurat de o grea povară, se îndreptă spre un dulap cu cărți și scoase de acolo o carte oarecare de științe naturale. Cerându-mi apoi să ne schimbăm locurile între noi ca să poată citi mai bine literele mărunte ale volumului, își trase fotoliul meu la fereastră și, deschizând cartea, începu din nou a vorbi cam pe același ton ca mai înainte:

— Fără descrierea ta atât de amănunțită asupra monstrului niciodată n-aș fi fost în măsură să-ți dovedesc ce e cu el. Dar mai întâi lasă-mă să-ți citesc un text pentru școlari cu privire la genul Sphinx din familia Crepuscularia din ordinul Lepidopterelor din clasa Insecta sau insecte. Iată ce spune acest capitol: «Patru aripi membranoase acoperite cu solzi mici colorați, cu înfățișare metalică, gura formând o trompă răsucită, produsă de alungirea fălcilor, pe laturile cărora se află urme de mandibule și organe de pipăit inferioare. Aripile de jos legate de cele de sus printr-un păr țepos; antenele în formă de baghete prismatice, alungite; abdomenul umflat. Sphinxul cu cap de mort a prilejuit uneori multă spaimă printre oamenii de rând din pricina unui soi. De țipăt melancolic pe care-l scoate și a semnului de moarte pe care-l poartă pe corsajul său».

Aici el închise cartea și se aplecă în jeț, așezându-se întocmai în poziția pe care o ocupasem eu în clipa când zărisem «dihania».

— Ah! Iată-l, strigă el deodată. Se urcă din nou pe povârnișul dealului și recunosc că este o făptură cu totul deosebită. Cu toate acestea, nu e de fel atât de uriaș ori de îndepărtat cum ți l-ai închipuit... Căci, la drept vorbind, așa cum înaintează el pe acel fir pe care vreun păianjen l-a țesut de-a lungul, ferestrei, mi se pare că ar avea cam a șaisprezecea parte dintr-un țol[1] în lungime și se află la o depărtare cam de a șaisprezecea parte dintr-un țol de lumina ochiului meu“.

[1] *Țol, unitate de lungime egală cu 25 mm (n. t.).*

DE CE MĂREȘTE MICROSCOPUL?

„Pentru că el face să devieze într-un anumit fel mersul razelor, așa cum se descrie în manualele de fizică”, iată ce. Auzim de cele mai

multe ori drept răspuns la această întrebare. Dar în acest răspuns nu este arătată decât o cauză secundară, fără a se sublinia esența fenomenului. În ce constă deci principala cauză a acțiunii de mărire a microscopului și telescopului?

Eu nu am aflat-o din manuale, ci am descoperit-o în mod întâmplător, când, fiind încă elev, am observat odată un fenomen foarte curios care m-a pus pe gânduri. Stăteam la fereastra închisă și priveam zidul de cărămidă al casei din. Față de care mă despărțea o străduță îngustă. Deodată m-am retras înspăimântat: de pe peretele de cărămidă mă privea – vedeam atât de clar! — un ochi omenesc uriaș, cu lățimea de câțiva metri… Pe atunci nu citisem încă povestirea de mai sus a lui Edgar Poe și de aceea nu mi-am dat seama imediat că uriașul ochi era imaginea ochiului meu propriu, imagine pe care o proiectam pe peretele îndepărtat și de aceea mi-l imaginam mărit în mod corespunzător.

Dându-mi seama de cauza fenomenului relatat mai sus, m-am gândit dacă nu s-ar putea construi un microscop bazat pe această iluzie optică. Și iată, atunci când încercarea mea a eșuat, am înțeles în ce constă esența acțiunii de mărire a microscopului: nu este vorba de loc de faptul că obiectul examinat pare de dimensiuni mai mari, ci de faptul că el este văzut de noi sub un unghi vizual mai mare și, prin urmare – și lucrul acesta este cel mai important –, imaginea lui ocupă mai mult loc pe retina ochiului nostru.

Pentru a înțelege de ce unghiul vizual are aici o importanță atât de mare, trebuie să ne amintim o proprietate foarte importantă a ochiului nostru: orice obiect sau orice; parte a acestuia, care este perceput sub un unghi mai mic decât un minut unghiular, se contopește pentru un ochi normal într-un punct, în care nu distingem nici forma, nici părțile componente. Când obiectul este atât de depărtat de ochi sau atât de mic încât este perceput, în întregime sau în anumite părți ale lui, sub un unghi mai mic de 1’, atunci încetăm să mai distingem amănuntele constituției lui. Aceasta se întâmplă pentru că, în condițiile unui astfel de unghi vizual, imaginea obiectivului obținută pe fundul ochiului (sau imaginea unei părți componente a obiectului) nu cuprinde dintr-o dată o mulțime de terminații nervoase din retină, ci se plasează în întregime pe un singur element senzitiv: atunci dispar amănuntele formei și structurii și nu vedem decât un punct.

Rolul microscopului și al telescopului constă în aceea că, făcând să devieze drumul razelor venite de la obiectul examinat, ele ni-l arată sub un unghi vizual mai mare; imaginea de pe retină se extinde, cuprinde mai multe terminații nervoase și începem să distingem deja acele amănunte ale obiectivului care mai înainte se contopeau într-un punct.

„Microscopul sau telescopul mărește de 100 de ori“, aceasta înseamnă că el ne arată obiectele sub un unghi vizual de 100 de ori mai mare decât privite fără instrument. Dacă însă instrumentul optic nu mărește unghiul vizual, atunci el nici nu mărește, chiar dacă ni se pare că vedem obiectele mărite. Ochiul de pe zidul de cărămidă mi se părea uriaș, dar nu vedeam în el nici un amănunt în plus față de ceea ce văd privind în oglindă. Luna, când se află jos, aproape de orizont, ni se pare mult mai mare decât atunci când se află sus pe bolta cerească, dar observăm noi oare măcar o pată cât de mică în plus?

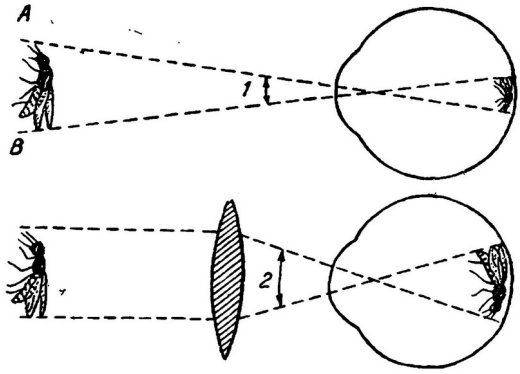


Fig. 131 — Lentila mărește imaginea pe retina ochiului.

Dacă ne întoarcem la cazul descris de Edgar Poe în povestirea Sphinxul, ne vom convinge de faptul că aici pe obiectul mărit nu s-au observat amănunte noi. Unghiul vizual a rămas același, fluturele este văzut sub același unghi, fie că-l ducem departe în pădure, fie că el se află aproape de cadrul ferestrei. Dacă însă nu se schimbă unghiul vizual, atunci mărirea obiectului, oricât ne-ar uimi ea, nu-i dezvăluie observatorului niciun amănunt nou. Ca un adevărat artist, Edgar Poe este credincios realității chiar și în acest punct al povestirii noastre. Ați observat cum descrie el „monstrul” din pădure: enumerarea diferitelor părți componente ale insectei nu cuprinde nicio trăsătură nouă în comparație cu felul în care apare „capul de mort” când este privit cu ochiul liber. Comparați cele două descrieri – ele sunt date în povestire în mod intenționat – și vă veți convinge de faptul că ele diferă doar prin expresiile folosite, dar nu găsim în prima, descriere niciun fel de amănunte noi care nu au putut fi distinse de ochiul liber.

Dacă rolul microscopului ar fi constat doar într-o astfel de mărire, atunci el ar fi fost lipsit de orice utilitate pentru știință, transformându-se cel mult într-o jucărie interesantă. Dar noi știm că lucrurile stau

altfel, că microscopul i-a dezvăluit omului o lume nouă, lărgind mult limitele vederii noastre naturale.

„Deși natura ne-a dat un ochi ager,
El își are limitele foarte restrânse.
Mai sunt multe vietăți pe care nu le poate percepe,
Statura mică ascunzându-le vederii noastre",

scria primul nostru naturalist Lomonosov în Scrisoare despre utilitatea sticlei. Dar și în „vremurile noastre” microscopul ne-a dezvăluit structura unor ființe minuscule, invizibile cu ochiul liber.

„Cât de subțiri sunt membrele lor,
articulațiile, inima, tendoanele
Și nervii ce poartă-n ei forțele vitale!?
Micuțul vierme ne uimește prin structura lui
Tot atât cât și o balenă în abisul apelor…
Ce multe-s tainele de microscop dezvăluite
Asupra elementelor invizibile și a fibrelor subțiri din trup!“

Putem acum să ne dăm seama pe deplin clar de ce anume microscopul ne dezvăluie „tainele” pe care nu le-a observat la fluturele monstru observatorul din povestirea lui Edgar Poe: pentru că, în concluzie, microscopul nu ne arată numai obiectele mărite, ci sub un unghi vizual mai mare; în consecință, pe fundul ochiului nostru apare imaginea mărită a obiectului, care acționează asupra unui număr mai mare de terminații nervoase, oferindu-i astfel conștiinței noastre un număr mai mare de senzații vizuale. Vorbind pe scurt, microscopul mărește nu obiectele, ci imaginea lor formată pe fundul ochiului.

ILUZIILE OPTICE

Spunem adesea că „ne-a înșelat văzul”, „ne-a înșelat auzul”, dar nu avem dreptate. Simțurile nu ne înșală. Filosoful Kant a spus bine că: „Simțurile nu ne înșală, – și aceasta nu pentru că ele judecă corect, ci pentru că nu judecă de loc”.

Ce ne înșală deci în astfel de ocazii? Bineînțeles că ceea ce judecă în cazul de față, adică propriul nostru creier. Într-adevăr, majoritatea iluziilor optice depind exclusiv de faptul Că noi nu numai că vedem dar și judecăm inconștient, inducându-ne fără voie în eroare. Sunt deci iluzii ale judecății și nu ale senzațiilor.

Încă acum două mii de ani poetul antichității Lucretiu scria:

„Ochii noștri nu știu să cunoască natura obiectelor
De aceea nu le atribui rătăcirile rațiunii”.

Să luăm un exemplu binecunoscut de iluzie optică: figura din stânga (fig. 132)

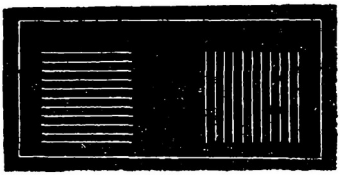


Fig. 132 — Care din imagini este mai lată — cea din dreapta sau cea din stînga?

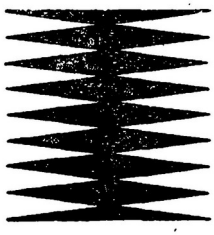


Fig. 133 — Ce este mai mare în această imagine — înălțimea sau lățimea?

pare mai îngustă decât cea din dreapta, deși ambele se încadrează cu strictețe în două pătrate egale. Cauza constă în aceea că noi apreciem înălțimea figurii din stânga ca un rezultat al adunării inconștiente a diferitelor intervale și de aceea ea ni se pare mai mare decât lățimea egală a aceleiași figuri. Dimpotrivă, la figura din dreapta, ca rezultat al aceleiași judecăți inconștiente, lățimea ni se pare mai mare decât înălțimea. Din aceeași cauză înălțimea imaginii din figura 133 ni se pare mai mare decât lățimea ei.

O ILUZIE UTILĂ PENTRU CROITORI

Dacă vreți să aplicați iluzia optică descrisă mai sus la figuri mai mari care nu pot fi cuprinse dintr-o dată cu ochiul, atunci așteptările dumneavoastră nu vor fi justificate. Știm cu toții că un om mic de statură și gras, îmbrăcat într-un costum cu dungi transversale, pare și mai gras. Dimpotrivă, oamenii grași, îmbrăcați în haine cu dungi și pliuri verticale, își pot masca întrucâtva această grăsime.

Cum se explică această contradicție? Prin faptul că, privind un astfel de costum, noi nu putem cuprinde cu privirea dintr-o dată fără a ne mișca ochii. Involuntar ne purtăm privirea de-a lungul dungilor; efortul mușchilor ochiului ne face să supraaprecierii involuntar dimensiunile obiectului în direcția dungilor. Ne-am obișnuit să legăm de efortul mușchilor ochiului impresiile noastre despre obiectele mari care nu încap în câmpul vizual. Atunci însă când privim un desen mic în dungi,

ochii ne rămân nemișcați și mușchii lor nu obosesc.

CE ESTE MAI MARE?

Care dintre elipsele din figura 134 este mai mare: cea de jos sau cea interioară, de sus? Este greu să renunțăm la iluzia că cea de jos este mai mare decât cea de sus. Și, totuși, ambele sunt egale și numai prezența elipsei exterioare creează iluzia că elipsa pe care o încadrează este mai mică decât cea de jos. Iluzia este sporită și de faptul că, în ansamblul ei, figura nu apare ca plană, ci ca una în spațiu, ca un fel de găleată: fără să vrem, transformăm elipsele în niște cercuri turtite în perspectivă, iar liniile drepte laterale în pereții găleții.

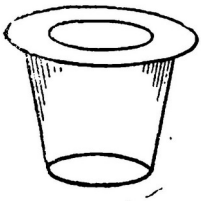


Fig. 134 — Care dintre elipse este mai mare — cea de jos sau cea interioară, de sus?

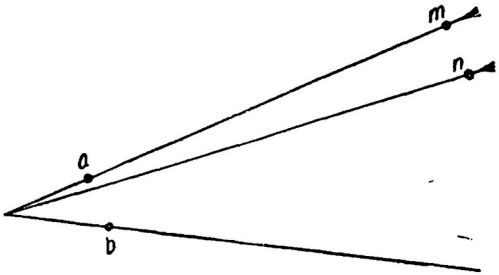


Fig. 135 — Ce distanță este mai mare — *ab* sau *mn*?

În figura 135 distanța dintre punctele a și b pare mai mare decât cea dintre punctele m și n. Prezența celei de-a treia drepte, care pleacă din același vârf, intensifică iluzia.

FORȚA IMAGINAȚIEI

După cum s-a mai arătat, majoritatea iluziilor optice depinde de faptul că noi nu privim numai, ci raționăm în mod inconștient. „Noi nu privim cu ochii, ci cu creierul“, spun. Fiziologii. Veți fi de acord cu această afirmație îndată ce veți face cunoștință cu iluziile în care imaginația celui ce privește participă conștient la procesul vederii.

Priviți figura 136. Dacă veți arăta această figură și altora, veți primi trei genuri de răspunsuri la întrebarea: ce anume reprezintă ea? Unii vor spune că este o scară, alții o nișă în perete, iar alții vor vedea în ea o bandă de hârtie împăturită ca o „armonică” și întinsă apoi oblic în câmpul unui pătrat alb.

Oricât de curios ar părea, toate cele trei răspunsuri sunt juste! Puteți vedea și dumneavoastră cele trei obiecte enumerate dacă, privind desenul, vă veți îndrepta asupra lui privirea în mod diferit. Și anume, examinând desenul, încercați înainte de toate să vă îndreptați privirea spre partea lui stângă: veți vedea o scară. Dacă privirea dumneavoastră va luneca peste desen din dreapta spre stânga, veți vedea o nișă. Dacă privirea va luneca pe diagonala din colțul de jos din dreapta spre cel de sus din stânga, veți vedea o bandă de hârtie pliată „în armonică".

Dacă însă, după o examinare mai îndelungata a desenului, atenția dumneavoastră va obosi, atunci veți vedea alternativ cele trei imagini independent de dorința dumneavoastră.

Figura 137 prezintă aceleași particularități.

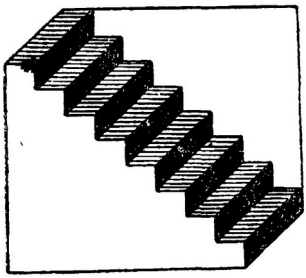


Fig. 136 — Ce vedeți aici — o scară, o nișă, sau o bandă de hîrtie împăturită „în armonică"?

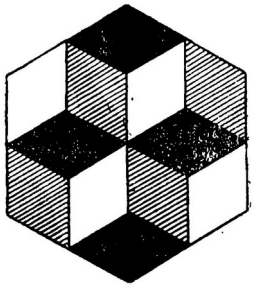


Fig. 137 — Cum sînt așezate aici cuburile? Unde sînt două cuburi — sus sau jos?

Este interesantă și iluzia din figura 138: fără să vrem, ne lăsăm furați de impresia că distanța AB este mai scurtă decât AC. Dar ele sunt egale.

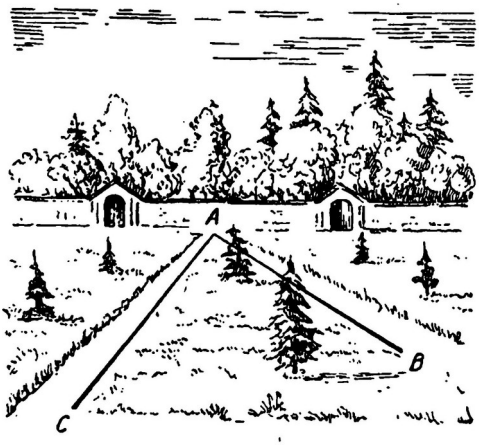


Fig. 138 — Ce este mai lung: AB sau AC?

ÎNCĂ O ILUZIE OPTICĂ

Dar nu toate iluziile optice pot fi explicate. Adesea nici nu ne putem da seama ce raționamente inconștiente care au loc în creierul nostru condiționează o anumită iluzie optică.

În figura 139 se văd clar două segmente de arc așezate față în față cu convexitățile lor. Nici măcar nu ne îndoim de acest fapt. Dacă însă așezăm o riglă pe aceste arce aparente sau privim în lungul lor, ținând figura la nivelul ochilor, ne vom convinge de faptul că ele sunt rectilinii. Explicația acestei iluzii nu este chiar atât de simplă.

Mai arătăm câteva exemple de iluzii de același gen. În figura 140, dreapta pare împărțită în segmente inegale; măsurându-le, vă veți convinge de faptul că segmentele sunt egale.

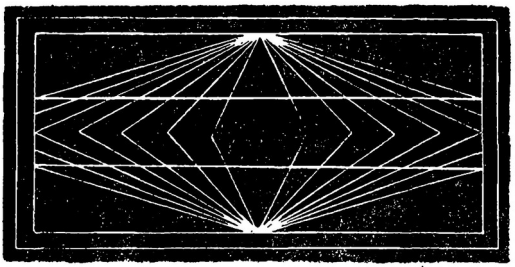


Fig. 139 — Cele două linii din mijloc, care merg de la dreapta spre stînga, sînt drepte paralele, deşi par arce aşezate cu convexităţile faţă în faţă. Iluzia dispare: 1 — dacă, ridicînd figura la nivelul ochilor, o privim astfel încît privirea să lunece de-a lungul liniilor; 2 — dacă, plasînd vîrful creionului într-un punct oarecare al figurii, concentrăm privirea asupra acestui punct.

În figurile 141 și 142, dreptele paralele apar ca neparalele, în figura 143 cercul face impresia de oval.

Fig. 140 — Această dreaptă este împărţită în şase segmente egale?

Este interesant faptul că iluziile optice reprezentate în figurile 140, 141 și 142 încetează să ne mai înșele ochiul dacă sunt privite în lumina unei scântei electrice. Este evident că aceste iluzii sunt legate de mișcarea ochilor: la o străfulgerare scurtă a scânteii, o astfel de mișcare nu are timp să se producă.

Iată încă o iluzie interesantă. Priviți figura 144 și spuneți care dintre linioare sunt mai lungi: cele din stânga sau cele din dreapta.

Primele par mai lungi, deși atât unele, cât și celelalte sunt absolut egale[1]. Această iluzie se numește „pipă“.

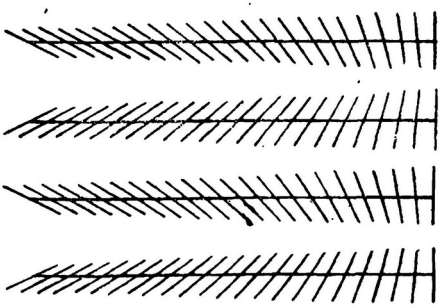


Fig. 141 — Dreptele paralele par neparalele.

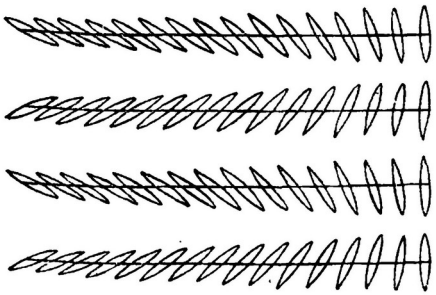


Fig. 142 — Variante ale iluziilor din figura 141.

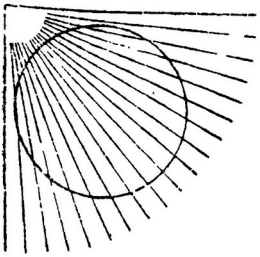


Fig. 144 — Iluzia „pipei". Linioarele din dreapta par mai scurte decît cele din stînga, egale ca lungime

← Fig. 143 — Este acesta un cerc?

S-au propus multe explicații ale acestor iluzii curioase, dar ele sunt puțin convingătoare și de aceea, nu le dăm aici.

[1] *Desenul este o ilustrare a următorului principiu geometric cunoscut: suprafețele ocupate de ambele părți ale „pipei" sunt egale.*

Pare-se că una dintre ele este incontestabilă: cauza acestor iluzii se ascunde în raționamentul inconștient, în „judecata șireată", involuntară, a creierului, care ne împiedică să vedem ceea ce este în realitate.

CE ESTE ACEASTA?

Privind figura 145, nu veți ghici dintr-o dată ce anume reprezintă ea. „Pur și simplu o rețea neagră și nimic altceva“ veți spune dumneavoastră. Dar așezați cartea vertical pe masă, depărtați-vă cu 3—4 pași și priviți de acolo. Veți vedea un ochi omenesc. Apropiați-vă și... Aveți în față din nou o rețea care nu reprezintă nimic.

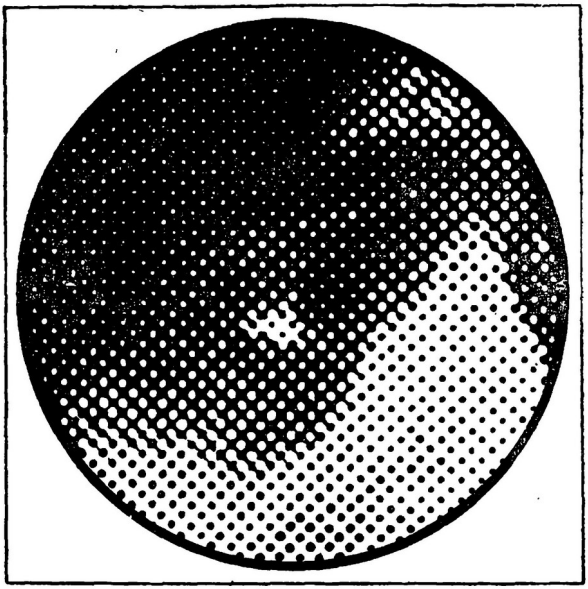


Fig. 145 — Privind această rețea de la distanță distingeți cu ușurință un ochi și o parte din profilul unei femei, îndreptat spre dreapta.

Veți crede, desigur, că este vorba de un „truc“ abil al vreunui gravor inventiv. Nu, este doar un exemplu de iluzia optică ce ne induce în eroare atunci când privim așa-numitele ilustrații „alb-negru“, sau „autotipii“. În cărți și în reviste, fondul desenului ni se pare totdeauna compact; priviți-l însă prin lupă și veți avea în fața dumneavoastră o rețea asemănătoare celei din figura 145. Acest desen care v-a pus pe gânduri nu este altceva decât o porțiune dintr-o ilustrație „alb-negru“ obișnuită, mărită de 10 ori. Deosebirea constă doar în aceea că, atunci când rețeaua este micșorată, ea se contopește într-un singur fond chiar la o distanță mică – la distanța la care ținem de obicei cartea atunci când citim. Când însă rețeaua este mare, atunci contopirea are loc la distanță mare. Cititorul va înțelege cu ușurință cele spuse dacă-și va aminti discuțiile noastre despre unghiul vizual.

ROȚI NEOBIȘNUITE

Vi s-a întâmplat să urmăriți prin crăpăturile dintr-un gard sau, mai bine, pe ecranul unui cinematograf mișcarea roților unei căruțe sau ale unui automobil care se deplasează rapid? Probabil că ați observat și dumneavoastră următorul fenomen ciudat: automobilul gonește pe șosea, în timp ce roțile abia se rotesc sau nu se rotesc de loc. Mai mult chiar: uneori ele se rotesc în sens invers!

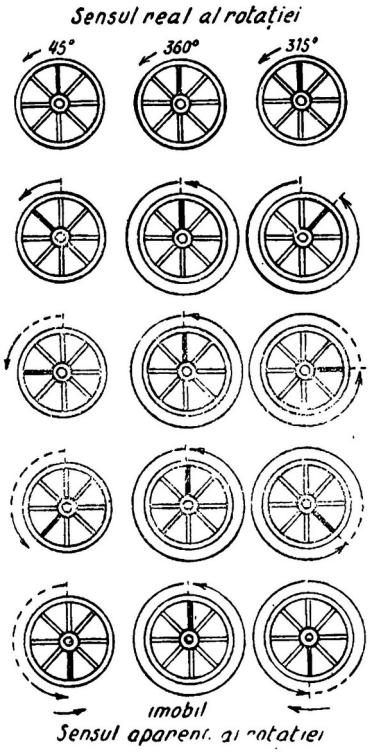


Fig. 146 — Cauza rotirii curioase a roților pe ecranul cinematografului.

Această iluzie optică este atât de neobișnuită, încât provoacă nedumerirea celor care o văd pentru prima dată.

Ea se explică în modul următor. Urmărind rotirea roții prin crăpăturile gardului (deplasându-ne privirea de-a lungul gardului) noi nu vedem aceste roți continuu, ci la intervale de timp egale, pentru că scândurile le acoperă succesiv. Tot astfel și pelicula cinematografică imprimă imaginea roților în anumite momente, cu întreruperi (24 de cadre pe secundă). Aici sunt posibile trei cazuri, pe care le analizăm mai jos.

Mai întâi se poate întâmpla ca în intervalul de întrerupere roata să facă un număr întreg de rotații — Indiferent câte: 2 sau 20—, dar este vorba de un număr întreg. Atunci în noul cadru spițele roților vor ocupa aceeași poziție ca în cadrul precedent. În intervalul de timp următor, roata va efectua din nou un număr întreg de rotații (mărimea intervalului și viteza automobilului sunt constante) și poziția spițelor este aceeași. Văzând mereu aceeași poziție a spițelor, noi tragem concluzia că roata este imobilă (coloana din mijloc a figurii 146).

Al doilea caz: în fiecare interval de timp roata reușește să efectueze un număr întreg de rotații și încă o parte mică din rotație. Urmărind succesiunea acestor imagini, noi nu ne vom da seama că au fost efectuate și rotații întregi și vom vedea numai o rotire lentă a roții (de fiecare dată cu o părticică de turație întreagă). Ca rezultat ni se va

părea că, deși automobilul se deplasează repede, roțile se mișcă încet.

Cazul al treilea: în intervalul de timp dintre imprimarea a două cadre, roata efectuează o rotație incompletă, care diferă doar cu puțin de cea completă (de exemplu se rotește cu 315°, ca în coloana a treia din figura 146). Atunci o anumită spiță face impresia că se învârtește în sens invers. Această iluzie optică va dura până când se schimbă viteza de rotație a roților.

Rămâne să mai facem mici completări la explicația noastră. În primul caz, pentru a simplifica, vorbeam despre rotații complete ale roții; deoarece însă spițele seamănă una cu alta, este suficient ca roata să-și schimbe poziția cu un număr întreg de intervale dintre spițe. Același lucru este valabil și pentru celelalte cazuri.

Sunt posibile și unele curiozități. Dacă pe obada roții există un semn, iar spițele seamănă între ele, se întâmplă să urmărim cum obada se deplasează într-un sens, iar spițele în sensul invers. Dacă însă punem un semn pe o spiță, atunci se poate întâmplă ca spițele să se deplaseze în sens invers față de deplasarea semnului, care parcă sare de pe o spiță pe alta.

Când sunt reprezentate în cinematograf scene obișnuite, atunci această iluzie nu prejudiciază firescului imaginii. Dacă însă se încearcă pe ecran explicarea funcționării unui mecanism oarecare, atunci această iluzie optică poate dăuna foarte mult și va împiedica corecta înțelegere a modului de lucru al mașinii.

Un spectator atent, văzând pe ecran roata imobilă a unui automobil care gonește pe șosea cu toată viteza, va putea să-și dea seama cu ușurință cam câte rotații face această roată, numărându-i spițele. Viteza obișnuită de filmare este de 24 cadre pe secundă. Dacă numărul de spițe ale roții de automobil este 12, atunci numărul de rotații pe secundă este 24: 12, adică 2, sau câte o rotație completă într-o jumătate de secundă. Acesta este numărul minim de rotații; el poate să fie și de un număr de ori întreg mai mare (de două, de trei ș.a.m.d. ori). Evaluând mărimea diametrului roții, se poate trage o concluzie și cu privire la viteza de deplasare a automobilului. De exemplu, când diametrul roții este de 80 cm, atunci, în cazul examinat, obținem o viteză de aproximativ 18 km pe oră (sau 36 km pe oră, sau 54 km pe oră etc.).

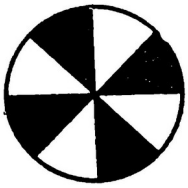


Fig. 147 — Discul pentru determinarea vitezei de rotație a motorului.

Iluzia optică examinată mai sus este folosită în tehnică pentru a calcula numărul de rotații ale arborilor ce se rotesc rapid.

Să explicăm pe ce se bazează această metodă. Intensitatea luminii unui bec alimentat cu curent alternativ nu rămâne constantă; după

fiecare sutime de secundă lumina slăbește, deși în condiții obișnuite noi nu observăm aceste variații. Dar să ne imaginăm că un astfel de bec luminează un disc rotitor, ca cel. reprezentat în figura 147. Dacă discul se rotește astfel încât efectuează 1/4 de rotații într-o sutime de secundă, atunci se petrece ceva neașteptat: în locul unui cerc obișnuit cenușiu, ochiul va percepe sectoare negre și albe, ca și cum discul ar rămâne nemișcat.

Cred că cititorul a înțeles cauza fenomenului după ce a analizat mai sus iluzia cu roțile de automobil. Este ușor de ghicit de asemenea cum poate fi folosit acest fenomen pentru calculul turațiilor unui ax aflat în mișcare de rotație.

„MICROSCOPUL TIMPULUI“ ÎN TEHNICĂ

Știm de acum că atunci când discul cu sectoare negre (fig. 147), care face 25 de turații pe secundă, este luminat de 100 de scânteieri pe secundă, el este perceput de ochi ca imobil. Imaginați-vă însă că numărul de scânteieri ale luminii a devenit 101 pe secundă. În intervalul dintre aceste luminări succesive, discul nu va reuși să se rotească, ca mai înainte, cu un sfert de rotație și, prin urmare, sectorul respectiv nu va mai reuși să-și ocupe poziția inițială.

Ochiul îl va vedea rămas în urmă ca o sutime de cerc. La următoarea străfulgerare, el va apărea rămas în urmă cu încă o sutime de cerc ș.a.m.d. Ni se va părea că discul se rotește înapoi, făcând o rotație pe secundă. Mișcarea a încetinit de 25 de ori.

Nu este greu să ne dăm seanța cum putem, vedea aceeași mișcare încetinită, dar nu în sens invers, ci în cel normal. Pentru aceasta numărul de scânteieri nu trebuie mărit, ci micșorat. De exemplu, dacă numărul acestora este de 99 pe secundă, atunci ni se va părea că discul se rotește înainte, făcând o singură rotație pe secundă.

Avem aici un „microscop de timp“ cu o încetinire de 25 de ori. Se poate obține însă o încetinire și mai mare. Dacă, de exemplu, numărul scânteierilor de lumină este de 999 în 10 secunde (adică 99,9 pe secundă), atunci ni se va părea că dis- cul efectuează, o rotație în 10 secunde: obținem deci o încetinire de 250 de ori.

Orice mișcare periodică rapidă poate fi încetinită pentru ochiul nostru, prin metoda indicată mai sus, în măsura dorită. Aceasta ne permite să studiem particularitățile de mișcare ale unor mecanisme foarte rapide, încetinind mișcarea lor cu ajutorul „microscopului de timp“ de 100, de 1000 etc. ori[1].

[1] *Principiul examinat mai sus stă la baza aparatului denumit stroboscop, care se folosește pentru măsurarea frecvenței unor procese cu variație rapidă. Stroboscoapele*

dau o precizie foarte mare a măsurărilor (de exemplu precizia de măsurare cu stroboscopul electronic este de 0,001 %) (n. red. sov.).

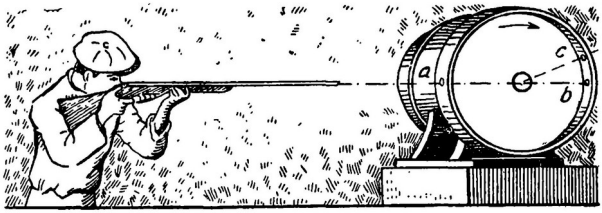


Fig. 148 — Măsurarea vitezei de zbor a glonțului.

În încheiere descriem metoda de măsurare a vitezei de zbor a glonțului, bazată pe posibilitatea de a determina cu precizie numărul de turații, ale unui disc care se rotește. Pe un ax care se rotește repede, se așază un disc de carton cu sectoare negre și cu marginile îndoite astfel încât discul capătă forma unei cutii cilindrice deschise (fig. 148). Țintașul trimite glonțul de-a lungul diametrului acestei cutii, străpungându-i peretele în două locuri. Dacă cutia ar fi imobilă atunci cele două orificii s-ar afla la cele două capete ale aceluiași diametru. Dar cutia s-a rotit și, în intervalul de timp în care glonțul a străbătut-o, ea a reușit să se rotească puțin, astfel încât glonțul a atins în locul punctului b punctul e. Cunoscând numărul de rotații ale cutiei și diametrul ei și folosind mărimea arcului be, putem calcula viteza de zbor a glonțului. Este o problemă de geometrie simplă, pe care o vor rezolva cu ușurință cititorii care cunosc puțină matematică.

DISCUL LUI NEWTON

O remarcabilă utilizare tehnică a iluziei optice, a constituit-o așa-numitul „disc al lui Newton”, care a fost folosit în primele instalații de

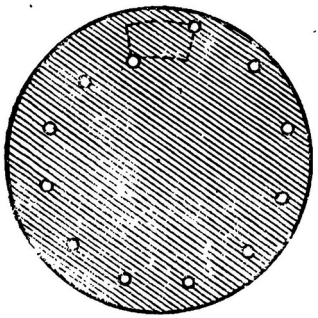


Fig. 149

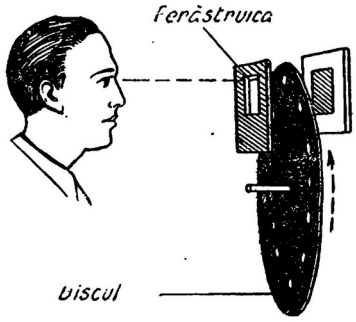


Fig. 150

televiziune. În figura 149 vedeți un disc ale cărui margini sunt perforate, având 12 orificii cu diametrul de 2 mm; orificiile sunt așezate la distanțe egale între ele, fiecare dintre ele fiind cu 2 mm mai aproape de centru decât cel precedent. S-ar părea că un astfel de disc nu poate oferi nimic interesant. Dar așezați-l pe un ax, fixați în fața lui o ferestruică, iar în spatele lui așezați un ecran de aceleași dimensiuni (fig. 150).

Dacă acum discului i se imprimă o mișcare de rotație rapidă, vom fi martorii unui fenomen neașteptat: ecranul acoperit de discul imobil devine, o dată cu rotirea acestuia, perfect vizibil prin ferestruica din față. Încetiniți rotația: ecranul devine neclar și, în sfârșit, dispare o dată cu încetarea rotației discului; acum vedem din ecran, numai ceea ce se poate zări printr-un orificiu cu diametrul de 2 mm.

Să vedem în ce constă secretul efectului misterios al acestui disc. Vom roti discul încet și vom urmări trecerea succesivă a fiecărui orificiu prin fața ferestruicii. Orificiul cel mai îndepărtat de centru trece prin apropierea marginii de sus a ferestruicii; dacă această mișcare este rapidă, atunci ea permite să se vadă o fâșie întreagă din ecran, și anume cea dinspre marginea lui de sus. Orificiul următor, așezat puțin mai jos, va dezvălui, în trecerea lui rapidă prin câmpul ferestruicii, fâșia următoarea ecranului (fig. 151); orificiul al treilea ne permite să vedem încă o fâșie ș.a.m.d. De aceea, în cazul rotirii rapide a discului, putem vedea întregul ecran; în fața ferestruicii parcă s-ar decupa din disc orificiul corespunzător.

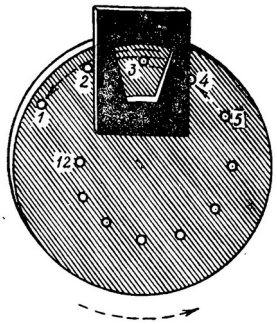


Fig. 151

Discul lui Newton este ușor de confecționat; pentru rotirea lui rapidă putem folosi un șnur înfășurat pe axa lui; desigur că este mai bine să folosim un mic motoraș electric.

DE CE ESTE IEPURELE SAȘIU?

Omul este una dintre puținele ființe ai cărui ochi sunt adaptați la examinarea simultană a unui obiect oarecare: câmpul vizual al ochiului drept diferă foarte puțin de cel al ochiului stâng.

Majoritatea animalelor însă privesc separat cu fiecare ochi.

Obiectele văzute de ele nu sunt atât de reliefate, în schimb câmpul lor vizual este mult mai larg decât al nostru. În figura 152

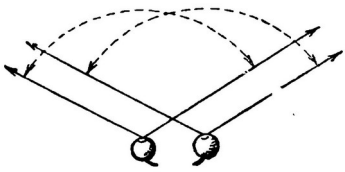


Fig. 152 — Cîmpul vizual al ambilor ochi ai omului.

este reprezentat câmpul vizual al omului: fiecare ochi vede în direcție orizontală în limitele unui unghi de 120° și ambele unghiuri se suprapun (se presupune că ochii sunt nemișcați).

Comparați acest desen cu figura 153, în care este reprezentat câmpul vizual al iepurelui; fără să-și miște ochii, iepurele vede cu ochii lui, îndepărtați unul de celălalt, nu numai ceea ce se află în fața lui, dar și ceea ce este în spate. Ambele câmpuri vizuale ale ochilor săi se

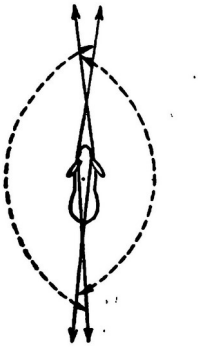


Fig. 153 — Cîmpul vizual al ambilor ochi ai unui iepure.

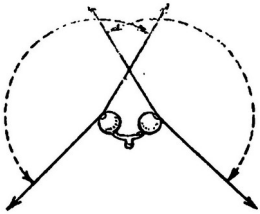


Fig. 154 — Cîmpul vizual al ambilor ochi ai unui cal.

întâlnesc și în față și în spate! Veți înțelege acum de ce este atât de greu să ne apropiem de un iepure fără ca acesta să ne observe. În schimb, după cum rezultă din desen, iepurele nu vede de loc ce se află direct în fața botului lui; pentru a vedea un obiect foarte apropiat, el este nevoit să-și întoarcă capul într-o parte.

Aproape toate animalele copitate și rumegătoare au această proprietate a unei vederi „omnilaterale“. În figura 154 este arătat modul de plasare a câmpului vizual la cai: acesta nu se extinde și în spate, dar este suficient ca animalul să întoarcă puțin capul pentru a putea vedea obiectele aflate acolo. Ce este drept, aici imaginile vizuale nu sunt prea clare, dar animalul are posibilitatea de a observa orice mișcare din jur pe o rază mare.

Fiarele sălbatice foarte mobile, care sunt în postura de atacante sunt lipsite de această posibilitate de a vedea în jurul lor; ele au o vedere „binoculară“, care le permite să aprecieze exact distanța pentru efectuarea saltului.

DE CE ÎN ÎNTUNERIC TOATE PISICILE SUNT CENUȘII?

Fizicianul ar spune că „în întuneric toate pisicile sunt negre”, pentru,

că, nefiind luminate, obiectele nu se văd de loc. Dar problema nu se referă la întunericul absolut, ci la cel în înțelesul obișnuit, adică la o lumină foarte slabă. Forma cu totul corectă a problemei ar fi „Noaptea toate pisicile sunt cenușii”. Sensul inițial, propriu, al acestui proverb este că, atunci când lumina este insuficientă, ochiul nostru nu mai percepe culorile și orice suprafață apare cenușie.

Oare așa stau lucrurile? Este adevărat că, în semiîntuneric, atât steagul roșu, cât și frunzișul verde ne apar la fel de cenușii. Este ușor să ne convingem de justețea acestei afirmații. Cei care au observat coloritul obiectelor în amurg au constatat, desigur, că deosebirile de culoare se estompează și toate lucrurile ne apar de un cenușiu-închis sau mai deschis: atât plapuma roșie, cât și draperia albastră, florile liliachii și frunzele verzi.

„Printre storurile lăsate – scrie Cehov (Scrisoarea) – aici nu pătrundeau razele solare și în obscuritate toți trandafirii din buchet păreau de aceeași culoare.”

Experiențele exacte de fizică confirmă pe deplin aceste observații. Dacă o suprafață colorată este luminată cu o lumină albă slabă (sau suprafața albă cu o lumină slab colorată), intensificând mereu lumina, atunci ochiul vede mai întâi pur și simplu o culoare cenușie, fără nicio nuanță coloristică. Numai atunci când lumina atinge o anumită intensitate, ochiul începe să observe că suprafața este colorată. Acest grad de iluminare se numește „pragul de jos al senzației de culoare”.

Astfel, înțelesul literar și pe deplin corect al problemei noastre este acela că sub pragul senzației de culoare toate obiectele ne apar cenușii.

S-a descoperit că există și un prag superior al senzației de culoare. Când lumina este prea puternică, atunci ochiul încetează iarăși să distingă culorile: toate suprafețele divers colorate ni se par albe.

EXISTĂ OARE RAZE DE FRIG?

Este răspândită părerea că în afara razelor calde există și raze reci, de frig. Această părere se datorește, de exemplu, faptului că o bucată de gheață răspândește frigul în jurul ei la fel cum o sobă iradiază căldura în jurul ei. Nu este oare aceasta un indiciu că gheața iradiază raze reci așa cum soba le iradiază pe cele calde?

O asemenea concluzie este greșită. Raze de frig nu există. Obiectele din preajma gheții nu devin mai reci sub acțiunea „razelor de frig”, ci pentru că obiectele calde pierd prin radiație mai multă căldură decât primesc de la gheață. Atât obiectul cald, cât și gheața rece emit prin radiație căldura; obiectul încălzit mai mult decât gheața cedează mai

multă căldură decât primește. Afluxul de căldură este mai mic decât consumul și obiectul se răcește.

Se poate face o experiență de efect, care poate și ea să conducă la concluzii cu privire la existența razelor reci. Lângă doi pereți opuși ai unei săli lungi sunt așezate oglinzi concave mari. Dacă în apropierea uneia dintre oglinzi, în „focarul” ei, se așază o sursă puternică de căldură, atunci razele pe care le emite, reflectându-se de la oglindă, se îndreaptă spre cea de-a doua oglindă, se reflectă din nou și se concentrează într-un punct, în „focar”; o hârtie neagră plasată în acest punct se aprinde. Este o demonstrație care ne dovedește existența razelor calde. Dar dacă în locul unei surse de căldură așezăm în focarul primei oglinzi o bucată de gheață, vom constata că termometrul aflat în focarul celei de-a doua oglinzi va indica o temperatură scăzută. Dar aceasta înseamnă oare că gheața emite raze reci care se reflectă de la oglinzi și se concentrează pe balonul cu mercur al termometrului?

Nu! Și în cazul acesta fenomenul poate fi explicat fără misterioasele raze de frig. Pe calea radiației, balonul termometrului îi cedează gheții mai multă căldură decât primește el însuși de la gheață; de aceea mercurul din el se răcește. Astfel nici aici nu suntem îndreptățiți să admitem existența unor raze reci. În natură nu există niciun fel de raze de frig: toate razele comunică energia corpului care le absoarbe. Dimpotrivă, corpurile care emit raze se răcesc ele însele.

Capitolul 10

SUNETUL. MIȘCAREA ONDULATORIE.

SUNETUL ȘI UNELE DE RADIO

Sunetul se propagă de aproximativ de un milion de ori mai încet decât lumina, iar întrucât viteza de propagare a undelor de radio coincide cu viteza de propagare a oscilațiilor luminoase, sunetul se propagă de un milion de ori mai încet decât undele de radio. De aici decurge o consecință interesantă, a cărei esență este clarificată de următoarea problemă. Cine va auzi mai întâi primul acord al pianistului: spectatorul din sala de concerte, care este așezat la distanța de 10 m de pian, sau persoana care stă lângă aparatul său de radio instalat în locuința sa, aflată la o distanță de 100 km de sală?

Oricât ar părea de curios, radioascultătorul va auzi acordul înaintea spectatorului din sala de concerte, deși primul se află la o distanță de 10 000 de ori mai mare de instrumentul muzical. Într-adevăr, undele de radio parcurg distanța de 100 kilometri în $\frac{100}{300000} = \frac{1}{3000}$ secunde.

Sunetul însă parcurge distanța de 10 metri în $\frac{10}{340} = \frac{1}{34}$ secunde.

De aici se vede că transmiterea sunetului prin radio necesită un timp de 100 de ori mai scurt decât transmisia sunetului în aer.

SUNETELE ȘI GLONȚUL

Când pasagerii proiectilului lui Jules Verne au zburat în Lună, ei au fost mirați de faptul că nu au auzit detunătura imensului tun care i-a

lansat din țeava sa. Dar era un lucru normal. Oricât de asurzitoare ar fi fost detunătura, viteza ei de propagare (ca a oricărui sunet în aer) era doar de 340 în pe secundă, în timp ce proiectilul se deplasa cu viteza de 11 000 în pe secundă. Este ușor de înțeles că detunătura nu putea fi auzită de pasageri: proiectilul a depășit sunetul[1].

[1] *Multe avioane moderne au o viteză care depășește cu mult viteza sunetului (n. red. sov.).*

Dar cum stau lucrurile cu proiectilele, și cu gloanțele reale: se mișcă ele mai repede decât sunetul sau, dimpotrivă, sunetul le depășește și previne victima asupra apropierii proiectilului aducător de moarte?

Armele de foc moderne comunică gloanțelor o viteză de aproape trei ori mai mare decât viteza sunetului în aer, și anume de aproximativ 900 în pe secundă (viteza sunetului la 0°C este egală cu 332 m/s). Este drept că sunetul se propagă uniform, pe când glonțul, în zborul lui, își încetinește mișcarea. Dar, totuși, de-a lungul celei mai mari părți din drumul lui, glonțul se mișcă mai repede decât sunetul. De aici rezultă direct că dacă în timpul unui schimb de focuri de armă auziți sunetul detunăturii sau șuieratul glonțului, puteți să fiți liniștiți: acest glonț v-a și depășit. Glonțul depășește detunătura și, dacă glonțul își lovește victima, aceasta din urmă va cădea înainte ca sunetul împușcăturii care a lansat acest glonț să-i ajungă la ureche.

O EXPLOZIE FALSĂ

Concursul de viteză dintre corpul care zboară și sunetul pe care-l produce ne fac uneori să tragem concluzii greșite, care nu corespund de loc adevăratului tablou al fenomenului.

Un exemplu interesant îl prezintă un bolid sau un proiectil de tun care trece în zbor sus deasupra capului nostru. Bolizii care pătrund în atmosfera planetei noastre din spațiul cosmic au o viteză uriașă, care, chiar redusă de rezistența atmosferei, rămâne totuși de zeci de ori mai mare decât viteza sunetului.

Străbătând aerul, bolizii produc adesea un zgomot care ne amintește tunetul. Imaginați-vă că ne aflăm în punctul C (fig. 155), iar deasupra noastră, de-a lungul liniei AB, trece un bolid. Sunetul produs de el în punctul A va ajunge până la noi (în C) numai atunci când bolidul însuși reușește să se deplaseze în punctul B; deoarece bolidul zboară mult mai repede decât sunetul, el poate reuși să ajungă până la un punct oarecare D și să ne trimită de aici sunetul înainte ca sunetul din punctul A să ajungă până la noi.

De aceea noi auzim întâi sunetul din punctul D și numai apoi sunetul din punctul A. Deoarece și din punctul B sunetul va sosi la urechea

noastră mai târziu decât din punctul D, undeva deasupra capului nostru trebuie să existe un astfel de punct K în care bolidul își lansează semnalul acustic cel mai devreme. Cei cărora le place matematica pot calcula poziția acestui punct dacă vor lua un anumit raport între viteza bolidului și cea a sunetului.

Iată rezultatul: ceea ce vom auzi nu va semăna de loc cu ceea ce vedem. Pentru ochii noștri bolidul va apărea întâi în punctul A și va zbura apoi pe traseul AB. Dar pentru ureche bolidul va apărea mai întâi undeva deasupra capului nostru în punctul K, apoi vom auzi simultan două sunete, care se sting. În direcții contrare: de la K spre A și de la K spre B. Cu alte cuvinte, vom auzi cum bolidul s-a desfăcut parcă în două bucăți, care au zburat în direcții opuse. În realitate însă nu a avut loc nicio explozie. Iată cât de înșelătoare pot fi impresiile acustice! Este posibil ca multe dintre exploziile bolizilor semnalate „de martori oculari” să fie tocmai niște iluzii acustice de acest fel.

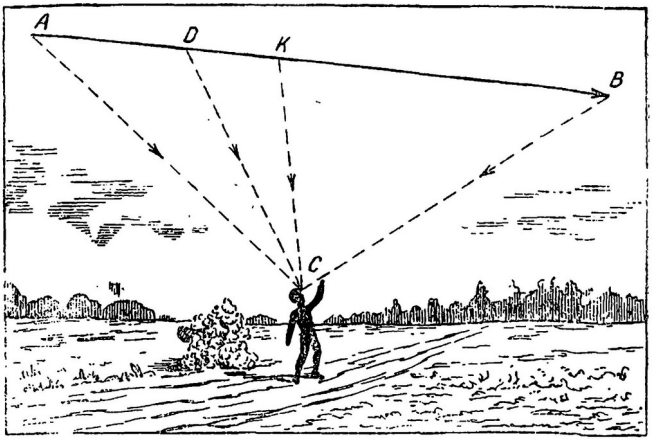


Fig. 155 — Explozia falsă a bolidului.

DACĂ VITEZA SUNETULUI S-AR REDUCE...

Dacă sunetul nu s-ar propaga în aer cu viteza de 340 în pe secundă, ci mult mai încet, atunci iluziile acustice s-ar observa mult mai des.

Imaginați-vă, de exemplu, că sunetul parcurge într-o secundă nu 340 m, ci, să spunem, 340 mm, adică se deplasează mai încet decât pietonul. Stând într-un fotoliu, dumneavoastră ascultați povestirea unui cunoscut, care are obiceiul să vorbească plimbându-se prin cameră. În împrejurări obișnuite această plimbare nu vă împiedică să-l ascultați;

dacă însă viteza sunetului ar fi mai redusă, atunci nu, l-ați mai înțelege pe interlocutorul dumneavoastră: sunetele pronunțate mai înainte le vor ajunge din urmă pe cele mai noi și se vor amesteca cu ele: din acest amestec nu se va mai înțelege nimic.

Menționăm că, în momentele când musafirul se va apropia de dumneavoastră, sunetele cuvintelor lui vor sosi la dumneavoastră în ordine inversă: vor ajunge întâi sunetele care au fost pronunțate la urmă, apoi cele pronunțate mai devreme ș.a.m.d., pentru că cel care le pronunță își întrece sunetele și se află tot timpul înaintea lor, continuând să pronunțe altele noi. Din toate frazele pronunțate în aceste condiții, ați putea-o înțelege doar pe cea cu care răscoptul teolog l-a 'uimit pe tânărul Karas din povestirea *Bursa* a lui Pomealovski[1]:

„Ia idu s mecem, sudiia"[2].

[1] *La drept vorbind, lucrul acesta nu este pe deplin adevărat: noi nu pronunțăm sunetele separate, ci legate între ele în silabe. De aceea fraza se va auzi aproximativ așa: ia di-su m-ce-mes du-i-ia.*

[2] *Fraza se citește la fel de la stânga spre dreapta și invers (n. t.)*

CONVORBIREA CEA MAI ÎNCEATĂ

Dacă credeți însă că viteza cea mai reală a sunetului în aer – o treime de kilometru pe secundă – este o viteză totdeauna suficientă, atunci vă veți schimba de îndată părerea.

Imaginați-vă că între Moscova și Leningrad, în locul telefonului electric, este instalat un tub acustic, obișnuit, de genul acelor telefoane care legau mai înainte diferitele încăperi ale marilor magazine sau erau folosite pe vapoare pentru a comunica cu sala mașinilor. Vă aflați la capătul leningrădean al acestui tub de 650 de kilometri, iar prietenul dumneavoastră la capătul din Moscova. Lansați întrebarea și așteptați răspunsul. Trec cinci, zece, cincisprezece minute: răspunsul nu sosește. Începeți să vă neliniștiți, să vă puneți întrebarea dacă nu cumva i s-a întâmplat ceva prietenului dumneavoastră. Dar îngrijorarea nu are temei: întrebarea nu a ajuns încă la Moscova, ci se află la jumătatea drumului. Va mai trece un sfert de oră înainte ca prietenul dumneavoastră din Moscova să audă întrebarea și să poată da răspunsul. Dar și replica lui va parcurge distanța de la Moscova până la Leningrad în cel puțin o jumătate de oră, astfel încât răspunsul la întrebarea dumneavoastră îl veți primi abia peste o oră.

Puteți verifica calculul; de la Leningrad până la Moscova sunt 650 km; sunetul parcurge 1/3 km pe secundă; prin urmare, el va parcurge distanța între cele două orașe în 2 160 de secunde și ceva; adică în 35

de minute și ceva. În aceste condiții, vorbind ziua întreagă de dimineața până seara, abia de veți reuși să faceți un schimb de vreo zece fraze[1].

[1] Autorul nu ține seama de amortizarea oscilațiilor acustice în funcție de distanță, care, în realitate, vă va împiedica să stați de vorbă, pentru că la capătul celălalt al unui astfel de tub nu veți fi auzit (n. red. sov.).

PE DRUMUL CEL MAI RAPID

A fost, totuși, un timp când chiar și o astfel de metodă de transmiterea știrilor ar fi fost considerată foarte rapidă. Cu o sută de ani în urmă, nimeni nici nu visa încă la telegraful și telefonul electric, iar transmiterea unei noutăți la distanța de 650 de kilometri într-un interval de câteva ore ar fi fost decretată drept un ideal de rapiditate.

Se spune că la încoronarea lui Pavel I anunțul cu privire, la momentul începerii ceremoniei la Moscova s-a transmis în capitala nordică în felul următor. De-a lungul întregii distanțe dintre cele două capitale au fost plasați soldați la 200 de metri unul de altul; la primul dangăt al clopotului din clopotnița catedralei, soldatul cel mai apropiat a tras cu arma în aer; vecinul lui, auzind semnalul, și-a descărcat și el imediat arma, a tras apoi cea de-a treia santinelă și în felul acesta semnalul a fost transmis la Leningrad (pe atunci Petersburg) în numai trei ore. După trei ore de la primul dangăt al clopotului de la Moscova au răsunat și detunăturile tunurilor din fortăreața Petropavlovsk, așezată la distanță de 650 de kilometri.

Dacă sunetul clopotelor din Moscova ar putea fi auzit nemijlocit la Leningrad, atunci, după cum știm deja, acest sunet ar fi sosit în capitala nordică cu o întârziere doar de o jumătate de oră. Deci, din cele trei ore consumate pentru transmiterea semnalului, două ore și jumătate s-au consumat pentru perceperea sunetului de către soldați și pentru mișcările necesare tragerii cu arma: oricât de neînsemnate ar fi fost aceste întârzieri, totuși din mii de astfel de intervale mici s-au acumulat $2^1/_2$ ore.

Într-un mod asemănător funcționa în vechime telegraful optic, care transmitea semnale luminoase până la stația cea mai apropiată, care, la rândul ei, le transmitea mai departe. Sistemul de semnalizare optică era folosit adesea pe vremea țarismului de către revoluționari pentru securitatea adunărilor ilegale; un lanț de revoluționari lega locul adunării de clădirea poliției și, imediat ce apărea un element suspect, lucrul acesta era semnalizat adunării cu ajutorul bateriilor de buzunar.

TOBA-TELEGRAF

Și astăzi încă transmiterea semnalelor acustice este folosită pe scară largă la popoarele primitive din Africa, America Centrală și Polinezia. În acest scop, triburile primitive folosesc niște tobe speciale cu ajutorul cărora transmit semnalele acustice la distanțe uriașe; semnalul convențional, auzit într-un loc, este repetat în celălalt și este transmis astfel mai departe; în felul acesta, într-un timp scurt, întreaga regiune este informată cu privire la un oarecare eveniment important (fig. 156).

În timpul primului război dintre Italia și Abisinia, toate deplasările trupelor italiene erau aduse cu rapiditate la cunoștința negusului Menelik; lucrul acesta era comentat cu uimire de statul-major italian, unde nici nu era măcar bănuită existența unei astfel de tobe-telegraf la inamic.

La începutul celui de-al doilea război dintre Italia și Abisinia, același sistem a servit pentru „publicarea" ordinului emis la Adis-Abeba cu privire la mobilizarea generală; după câteva ore era cunoscut în satele cele mai îndepărtate ale țării.

Același lucru s-a petrecut și în timpul războiului anglo-bur; datorită „telegrafului" cafrilor, toate știrile militare erau aduse cu repeziciune la cunoștința locuitorilor Capului Bunei Speranțe, precedând cu câteva zile rapoartele oficiale transmise prin curieri.

Conform mărturiei unor călători, sistemul de semnale acustice este atât de bine pus la punct la unele triburi africane, încât le putem considera posesoare ale unui telegraf mai perfecționat decât telegraful optic al europenilor care l-a precedat pe cel electric.

Fig. 156 — Un locuitor al insulelor Fidji care transmite știri cu ajutorul „tobei-telegraf".

Iată ce se comunica în legătură cu aceasta într-o revistă. R. Hasselden, arheolog al Muzeului Britanic, se afla în orașul Ibadan, aflat în regiunile îndepărtate ale Nigerie. Bătăile surde ale tobei răsunau neîntrerupt zi și noapte. Într-o dimineață savantul i-a auzit pe negri discutând ceva cu aprindere. La întrebarea lui, un sergent i-a răspuns: „S-a scufundat o navă mare cu oameni albi; mulți albi au pierit”. Aceasta era știrea transmisă în limbajul tobei de pe țărm. Savantul nu a dat nicio importanță acestui zvon. Dar peste trei zile el a primit cu întârziere (din cauza unei defecțiuni a liniei de comunicație) o telegramă în care era anunțată pieirea navei „Lusitania". Atunci el a înțeles că știrea negrilor era valabilă și că ea a fost transmisă în limbajul tobelor pe întreaga distanță de la Cairo până la Ibadan. Acest fapt era cu atât mai uimitor, cu cât triburile care și-au transmis unul celuilalt această știre vorbesc limbi diferite, iar unele dintre ele erau în acest timp în război unele cu altele.

NORII ACUSTICI ȘI ECOUL AERIAN

Sunetul se poate reflecta nu numai de obstacolele solide, ci și de niște formații atât de diafane ca norii. Mai mult decât atât, chiar și aerul complet transparent poate reflecta în unele condiții, și anume în cazul când el se deosebește dintr-un motiv oarecare de restul masei de aer prin capacitatea sa de a conduce sunetul. Aici are loc un fenomen asemenea celui care în optică este denumit „reflexie totală“. Sunetul se reflectă de la un obstacol invizibil și noi auzim un ecou misterios care vine nu se știe de unde.

Tyndall a descoperit în mod întâmplător acest fapt atunci când a efectuat experiențe cu semnale acustice pe țărmul, mării. „De la aerul complet transparent se obține ecou – scrie el. — Ecoul ne venea ca prin miracol, de la niște nori acustici invizibili”.

Cunoscutul fizician englez numise „nori acustici” acele regiuni ale aerului transparent care fac ca sunetul să se reflecte, dând naștere „ecoului de la aer“. Iată ce spune el în această privință:

„Norii acustici plutesc în permanență prin aer. Ei nu au nicio legătură cu norii obișnuiți, cu ceața sau cu întunericul. Atmosfera cea mai transparentă poate fi plină de ei. În felul acesta se poate obține ecoul de la aer; contrar părerii înrădăcinate, el se poate forma și în atmosfera cea mai pură. Existența acestor ecouri a fost dovedită prin observații și experiență. Ele pot lua naștere datorită curenților de aer încălziți în mod diferit sau care conțin o cantitate diferită de vapori”.

Existența norilor acustici opaci pentru sunet ne explică unele fenomene misterioase observate în timpul unor bătălii. Tyndall

reproduce următorul pasaj din memoriile unui martor ocular din războiul franco-prusac din 1871.

„Dimineața datei de 6 era cu totul altfel decât dimineața zilei de ieri. Ieri era un frig pătrunzător și ceață, care nu permitea să se vadă la o distanță mai mare de o jumătate de milă. Iar în ziua de 6 era senin, luminos și cald. Ieri aerul era plin de sunete, iar astăzi domnea liniștea unei Arcadii care nu cunoaște războiul. Ne uitam cu uimire unul la altul. Oare au dispărut fără urmă Parisul, forturile, tunurile, bombardamentele lui?... M-am deplasat în Montmorency, unde în fața mea s-a așternut panorama largă a părții nordice a Parisului. Dar și aici domnea o liniște mormântală... Am întâlnit trei ostași și am discutat cu ei evenimentele zilei. Ei erau gata să admită că au început tratativele de pace, pentru că de dimineață nu auziseră nicio detunătură...

Am plecat mai departe în Gonesse. Aici am aflat cu uimire că bateriile germane au tras fără încetare de la orele 8 dimineața. În sud, bombardamentele au început în jurul aceleiași ore. Dar în Montmorency nu am auzit niciun sunet!... Toate acestea depindeau de aer: astăzi el conducea sunetul tot atât de prost pe cât de bine l-a condus ieri”.

Fenomene asemănătoare au fost observate de mai multe ori și în timpul marilor bătălii din 1914—1918.

SUNETELE CARE NU SE AUD

Există oameni care nu aud sunete atât de acute cum sunt cântecul unui greier sau țipătul liliacului. Acești oameni nu sunt surzi, organele lor de auz sunt în bună stare de funcționare și totuși ei nu aud sunetele foarte înalte. Tyndall afirmă că unii oameni nu aud nici ciripitul vrăbiilor.

În general, urechea noastră nu percepe toate oscilațiile care au loc în preajma noastră. Dacă corpul respectiv efectuează sub 16 oscilații pe secundă, nu auzim niciun sunet. Dacă el efectuează peste 15—22 000 de oscilații, iarăși nu auzim niciun sunet. Limita superioară de percepere a sunetelor variază de la om la om; la cei bătrâni ea scade până la 6 000 de oscilații pe secundă. De aici și fenomenul straniu că un sunet înalt, acut, care este clar auzit de unele persoane, nu există pentru altele.

Multe insecte (de exemplu țânțarul, greierul) emit sunete care corespund la 20000 de oscilații pe secundă; pentru unele urechi aceste sunete există, pentru altele nu. Astfel de oameni nesensibili față de sunete înalte gustă o tăcere totală acolo unde alții aud un haos de sunete acute. Tyndall povestește că a observat odată un asemenea caz în timpul unei plimbări prin meleagurile Elveției cu un prieten: „De ambele părți ale drumului desișul ierbii era populat de numeroase

insecte care umpleau pentru auzul meu întregul aer cu zumzetul lor ascuțit, dar prietenul meu nu auzea nimic din toate acestea: muzica insectelor se afla în afara granițelor auzului lui“.

Țipătul liliacului este cu o octavă întreagă mai jos decât cântecul ascuțit al insectelor, adică oscilațiile aerului sunt de două ori mai rare. Dar există oameni la care granița de percepere a sunetelor este și mai joasă și pentru acești oameni, liliecii sunt niște ființe mute.

Dimpotrivă, câinii, după cum s-a constatat în laboratorul lui Pavlov, percep sunete cu o frecvență a oscilațiilor până la 38 000 pe secundă, iar aceasta este deja regiunea oscilațiilor „superacustice“ sau a ultrasunetului.

ULTRASUNETELE ÎN SLUJBA TEHNICII

Fizica și tehnica zilelor noastre posedă un mijloc de a crea „sunete insonore“ cu o frecvență mult mai mare decât a acelor despre care am vorbit ceva mai sus: în aceste „suprasunete“ sau „ultrasunete”, frecvența oscilațiilor poate ajunge până la 100 000 000 000 000 pe secundă. Frecvența maximă care s-a putut obține este în prezent egală cu 1 000 000 000 oscilații pe secundă.

Una dintre metodele de obținere a oscilațiilor ultraacustice se bazează pe proprietatea unor plăci, tăiate într-un anumit fel din cristale de cuarț, de a se electriza, prin compresiune, la suprafață[1]; dacă însă, dimpotrivă, se încarcă periodic suprafața unei astfel de plăci, atunci sub acțiunea sarcinilor electrice ea se comprimă și se dilată alternativ, adică oscilează. Placa este încărcată cu ajutorul generatorului cu tuburi folosit în radiotehnică, a cărui frecvență se alege în concordanță cu așa-numita perioadă proprie de oscilație a plăcii[2].

[1] Această proprietate a cristalelor se numește piezoelectricitate.

[2] Cristalele de cuarț sunt o sursă scumpă și slabă de ultrasunete și se folosesc mai des în laborator. O utilizare tehnică și-au găsit materialele sintetice artificiale, de exemplu materialele ceramice din titanat de bariu (n. red. sov.).

Deși ultrasunetele sunt mute pentru noi, ele își trădează existența prin alte manifestări pe deplin palpabile. Dacă, de exemplu, o placă care oscilează este cufundata într-un vas cu ulei, atunci la suprafața lichidului căruia i s-au transmis oscilațiile ultrasonore apare o umflătură de 10 cm înălțime, iar picăturile de ulei sunt împrăștiate până la înălțimea de 40 cm. Cufundând într-o astfel de baie de ulei capătul unui tub de sticlă cu lungimea de un metru, vom simți în mâna care ține celălalt capăt o arsură puternică, care lasă urme pe piele. Venind în contact cu lemnul, capătul tubului, oscilând, găurește lemnul; energia

ultrasunetelor se transformă în energie termică.

Ultrasunetele sunt minuțios studiate de cercetători. Aceste oscilații au un efect puternic asupra organismului viu: firele de alge se rup, celulele animale plesnesc, globulele roșii se distrug; peștii mici și broaștele sunt ucise de ultrasunete în 1—2 minute; temperatura corpului animalelor cu care se fac experiențele crește, de exemplu la șoarece ea se ridică până la 45°C. Oscilațiile ultraacustice își găsesc utilizarea în medicină; ultrasunetele inauzibile împărtășesc soarta razelor ultraviolete invizibile, venind în ajutorul terapeuticii.

Cu un deosebit succes sunt folosite ultrasunetele în metalurgie, pentru descoperirea neomogenităților, golurilor, crăpăturilor și altor defecte din masa metalului. Metoda de control al metalului cu ajutorul ultrasunetului constă în aceea că metalul respectiv se unge cu ulei și este supus acțiunii unor oscilații ultraacustice. Sunetul este disipat de regiunile neomogene ale metalului care ar arunca parcă o umbră acustică; conturul neomogenităților apare atât de clar pe fondul unduirii uniforme de la suprafața stratului de ulei, încât imaginea respectivă poate fi chiar fotografiată[1].

[1] Metoda defectoscopiei cu ultrasunete (descoperirea defectelor) a fost propusă în 1928 de savantul sovietic S. I. Sokolov. În prezent se folosesc receptoare speciale de ultra-sunete, care înlocuiesc uleiul și simplifică măsurările (n. red. sov.).

Cu ajutorul ultrasunetului se pot controla piese metalice cu grosimea de peste un metru, ceea ce nu se poate face cu ajutorul razelor Roentgen; totodată, prin această metodă se descoperă și defecte foarte mici, de ordinul unui milimetru. Este incontestabil că utilizarea oscilațiilor ultraacustice are perspective foarte mari în viitor[2].

[2] Este interesant de subliniat faptul că ultrasunetele se întâlnesc și în natură. În zgomotul vântului și al fluxului marin există frecvențe corespunzătoare regiunii ultrasunetelor. Multe vietăți (fluturii, greierii -etc.) au proprietatea de a emite și de a recepționa ultrasunetul. Liliecii folosesc ultrasunetul în timpul zborului lor, fiind avertizați cu ajutorul. Semnalelor reflectate despre obstacolele din drumul lor (n. red. sov.)

VOCILE LILIPUTANILOR ȘI A LUI GULLIVER

În filmul sovietic Noul Gulliver, liliputanii vorbesc cu voci subțirele, iar uriașul – Petea – cu o voce joasă. În timpul filmării, replicile liliputanilor erau date de artiști maturi, iar rolul lui Petea era jucat de un copil: cum s-au obținut deci tonalitățile respective? Eu am fost foarte mirat când regizorul Ptușko mi-a spus că în timpul filmării interpreții au vorbit cu vocile lor naturale; schimbarea tonalității se realiza în procesul filmării printr-o metodă bazată pe particularitățile fizice ale sunetului.

Pentru a face ca vocile liliputanilor să devină mai subțiri, iar vocea lui Gulliver mai joasă, regizorul filmului a înregistrat vocile artiștilor care-i interpretau pe liliputani pe o bandă care se derula încetinit, iar vocea lui Petea, dimpotrivă, pe una care se derula accelerat. Pe ecran filmul era proiectat cu o viteză normală. Este ușor de înțeles care este rezultatul. Vocile liliputanilor sunt percepute de ascultători ca având tonalități mai înalte, datorită succesiunii mai rapide a oscilațiilor acustice față de cea normală. Vocea lui Petea însă era percepută ca mai joasă în urma succedării încetinite a oscilațiilor. Ca rezultat, liliputanii din Noul Gulliver vorbesc cu o voce care este cu o cvintă mai înaltă decât a unui om matur normal, iar Gulliver însuși – Petea – cu o voce mai joasă cu o cvintă.

PENTRU CINE APARE DE DOUĂ ORI PE ZI ZIARUL?

Vom discuta acum o problemă care, la prima privire „nu are vreo legătură nici cu sunetul și nici cu fizica. Cu toate acestea vă rog să-i acordați atenție: ea vă va ajuta să înțelegeți mai ușor cele ce urmează. Probabil că ați avut de-a face cu această problemă într-una din numeroasele ei variante.

În fiecare zi, pe la amiază, din Moscova pleacă un tren. Spre Vladivostok și tot în fiecare zi, tot la amiază, din Vladivostok pleacă un tren spre Moscova. Drumul durează, să zicem, 10 zile. Se pune întrebarea: câte trenuri de cursă, lungă veți întâlni în timpul unei călătorii de la Vladivostok la Moscova?

De cele mai deseori se răspunde: 10. Dar răspunsul nu este corect: nu veți întâlni doar cele zece trenuri plecate din Moscova după plecarea dumneavoastră, dar și pe cele care în momentul plecării dumneavoastră se găseau deja la drum. Prin urmare, răspunsul corect este 20 și nu 10.

Mai departe. Fiecare tren dinspre Moscova transportă ultimele numere de ziar. Dacă vă interesează ultimele noutăți din Moscova, dumneavoastră veți cumpăra, bineînțeles, ziare prin gările unde vi se oprește trenul. Câte numere noi veți cumpăra dumneavoastră în cele 10 zile de drum?

Acuma nu va mai fi greu să răspundeți: 20. Am convenit doar că fiecare tren întâlnit transportă numere noi și, deoarece întâlniți 20 de trenuri, veți citi 20 de numere de ziar. Întrucât călătoriți doar zece zile, înseamnă că veți citi ziarul de două ori pe zi. Concluzia este oarecum neașteptată și, probabil, că n-ați fi acceptat-o de îndată, dacă nu vi s-ar fi întâmplat să vă convingeți în practică că cele spuse sunt adevărate. Amintiți-vă măcar că în timpul unei călătorii de două zile de la

Sevastopol la Leningrad reușeați să citiți patru numere ale ziarului apărut la Leningrad, în loc de două: cele două numere care apăruseră deja la Leningrad până în momentul plecării dumneavoastră și încă două numere apărute în cele două zile de drum.

Astfel ați aflat deja cine sunt cei pentru care ziarele din capitală apar de două ori pe zi: pasagerii tuturor trenurilor care se îndreaptă spre capitală.

PROBLEMA SEMNALELOR DE LOCOMOTIVĂ

Dacă aveți un auz muzical dezvoltat, atunci probabil că ați observat cum variază tonul (nu intensitatea, ci tonul, înălțimea) sirenei de locomotivă atunci când un alt tren trece în viteză pe lângă trenul dumneavoastră în sens opus. Atâta timp cât cele două trenuri se apropiau, tonul era mult mai înalt decât cel pe care-l auziți atunci când trenurile se depărtează. Dacă trenurile merg cu o viteză de 50 km pe oră, atunci diferența dintre sunete atinge aproape un ton întreg.

De ce se întâmplă așa?

Nu este greu să ghiciți cauza dacă vă amintiți că înălțimea tonului depinde de numărul oscilațiilor pe secundă. Sirena locomotivei care vine în întâmpinarea trenului dumneavoastră emite tot același sunet, cu o anumită frecvență. Dar urechea dumneavoastră percepe un număr diferit de oscilații, în funcție de faptul dacă mergeți în întâmpinare, stați

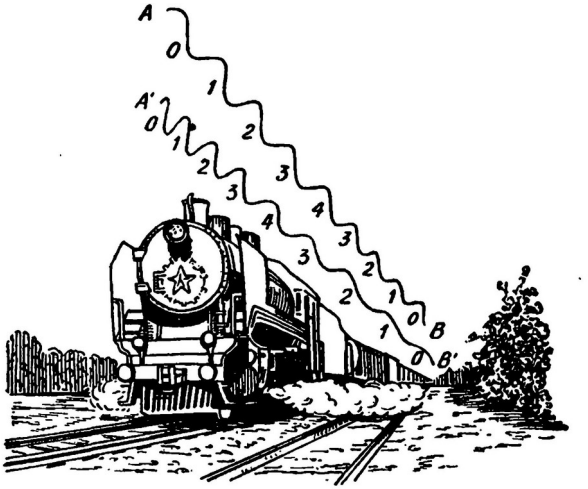


Fig. 157 — Problema semnalelor de locomotivă. Sus sînt undele acustice emise de o locomotivă în repaus, iar jos de una care se deplasează dinspre stînga spre dreapta.

pe loc sau vă depărtați de sursa acestor oscilații.

Și tot așa cum în drumul dumneavoastră spre Moscova citiți ziarul mai mult decât o dată pe zi, și aici, apropiindu-vă de sursa de sunet, percepeți oscilațiile mai des decât sunt ele emise de sirena locomotivei. Aici însă nu mai raționați: urechea dumneavoastră recepționează un număr de oscilații sporit și, în consecință, auziți un ton mai înalt. Depărtându-vă, recepționați un număr mai mic de oscilații și auziți un ton mai jos.

Dacă această explicație nu v-a convins pe deplin, încercați să urmăriți (bineînțeles cu gândul) modul cum se propagă undele acustice emise de sirena locomotivei. Să ne ocupăm întâi de locomotiva nemișcată (fig. 157).

Sirena produce unde de aer și, pentru a simplifica lucrurile, examinăm numai patru dintre ele (vezi linia sinuoasă de sus): de la locomotiva în repaus ele vor reuși să se propage într-un oarecare interval de timp la aceeași distanță în toate direcțiile. Unda nr. 0 va ajunge la observatorul A în același timp ca și până la observatorul B; după aceea va sosi la ambii observatori, simultan, unda nr. 1, apoi 2, 3 etc. În fiecare secundă, urechile ambilor observatori recepționează același număr, de impulsuri și, de aceea, amândoi vor auzi același ton.

Altfel stau lucrurile când locomotiva se deplasează dinspre B spre A (linia sinuoasă de jos). Presupunem că într-un moment oarecare sirena se află în punctul C', iar în intervalul de timp în care a lansat patru unde ea a și reușit să ajungă până la punctul D.

Comparați acum cum se vor propaga undele acustice. Unda nr. 0, plecată din punctul C', va ajunge simultan la ambii observatori A’ și B’. Dar cea de-a patra undă, care s-a format în punctul P, nu-i va mai atinge simultan: distanța DA’ este mai mică decât DB’ și, prin urmare, unda va ajunge în A’ mai devreme decât în B’. Unde intermediare – nr. 1 și nr. 2 – vor sosi și ele în B’ mai târziu decât în A’, dar întârzierea va fi mai mică. Ce se întâmplă? Observatorul din punctul A’ va percepe mai des undele acustice decât observatorul din punctul B’: primul va auzi un ton mai înalt decât cel de-al doilea. Totodată, după cum se vede din desen, lungimea undelor care se îndreaptă spre A’ va fi mai mică decât a celor care merg spre B’ [1].

[1] *Este necesar să se țină seama de faptul că liniile sinuoase din desen nu reprezintă de loc forma undelor acustice: oscilația particulelor în aer are loc în lungul direcției sunetului și nu transversal. Undele sunt reprezentate aici transversale numai pentru a fi mai expliciți și vârful unei astfel de unde corespunde compresiunii maxime în unda acustică longitudinală.*

FENOMENUL DOPPLER

Fenomenul pe care l-am descris mai sus a fost descoperit de fizicianul Doppler și a rămas legat pentru totdeauna de numele acestui savant. El nu este specific numai pentru sunet, ci și pentru fenomenele luminoase, deoarece și lumina se propagă prin unde. Îndesirea undelor (percepută în cazul undelor acustice ca o înălțare a tonului) este percepută de ochi ca o schimbare a culorii.

Principiul lui Doppler le dă astronomilor minunata posibilitate nu numai de a clarifica dacă o stea se apropie sau se depărtează de noi, dar mai permite și să se măsoare viteza acestei deplasări.

În acest caz, în ajutorul astronomului vine deplasarea laterală a liniilor întunecate care brăzdează banda spectrului. Observarea atentă a direcției și mărimii deplasării liniilor întunecate în spectrul unui astru le-a permis astronomilor să facă un șir întreg de descoperiri minunate. Astfel, datorită fenomenului Doppler, știm acum că steaua strălucitoare Sirius se depărtează de noi în fiecare secundă cu 75 km. Această stea se află la o distanță atât de uriașă de noi, încât chiar și o îndepărtare cu miliarde de kilometri nu-i știrbește nimic din luminozitate. Probabil că nu am fi aflat niciodată despre mișcarea acestui astru dacă nu am fi fost ajutați de fenomenul Doppler.

Acest exemplu ne demonstrează cu o deosebită claritate faptul că fizica este o știință cu adevărat atotcuprinzătoare. Stabilind legea pentru undele acustice care ating ca lungime câțiva metri, ea o aplică la undele luminoase scurte, cu o lungime doar de câteva zecimi de miimi de milimetru și utilizează aceste cunoștințe pentru a măsura mișcarea nestăvilită a sorilor uriași plasați în abisul necuprins al universului.

ISTORIA UNEI AMENZI

Când Doppler a ajuns pentru prima dată (în 1842) la ideea că apropierea sau depărtarea unul față de celălalt a observatorului și a sursei de sunet sau de lumină trebuie să fie însoțită de variația lungimii undelor acustice sau luminoase recepționate, el și-a exprimat părerea îndrăzneață că tocmai în aceasta constă cauza coloritului variat al stelelor. Toate stelele, gândea el, sunt de fapt de culoare albă; multe dintre ele însă par colorate pentru că se deplasează rapid față de noi. Stelele albe care se apropie de noi îi trimit observatorului terestru unde luminoase scurtate, care produc senzația de culoare verde, albastră sau violetă; dimpotrivă, stelele albe care se depărtează rapid ni se par galbene sau roșii.

Aceasta era o idee originală, dar incontestabil greșită. Pentru ca ochiul să poată observa variația culorilor stelelor datorită mișcării lor, ar

fi trebuit înainte de toate să le atribuim stelelor niște viteze uriașe, de ordinul a zeci de mii de kilometri pe secundă. Dar și aceasta ar fi fost insuficient; este vorba de faptul că, simultan cu transformarea, de exemplu, a razelor albastre ale unei stele albe, care se apropie, în raze violete, cele verzi se transformă în albastre, locul celor ultraviolete este luat de cele violete, al celor roșii de infraroșii; prin urmare, părțile componente ale luminii albe sunt prezente, astfel încât, cu toate că are loc deplasarea generală a tuturor culorilor spectrului, ochiul nu ar fi putut observa nicio deosebire intervenită în culoarea stelei respective.

Altfel stau lucrurile cu deplasarea liniilor întunecate din spectrul stelelor care se deplasează în raport cu observatorul; aceste deplasări se măsoară cu ajutorul unor instrumente de precizie și permit să se determine viteza de deplasare. A stelelor după raza vizuală (un spectroscop bun indică viteza stelei chiar dacă ea nu este decât de 1 km/s).

Cunoscutul fizician Robert Wood și-a amintit de eroarea lui Doppler atunci când un polițist a vrut să-l amendeze pentru că nu-și oprise din plină viteză automobilul, deși era pus stopul. După cum se povestește, Wood a căutat să-l convingă pe apărătorul ordinii că, atunci când un vehicul se deplasează cu o mare viteză, culoarea roșie este percepută ca verde. Dacă polițaiul ar fi avut cunoștințe de fizică, el ar fi putut calcula că pentru confirmarea spuselor savantului automobilul ar fi trebuit să gonească cu viteza astronomică de 135 000 000 km pe oră!

Iată acest calcul. Dacă notăm cu l lungimea de undă a luminii emise de sursă (în cazul de față de becul semnalizator), cu l' lungimea undelor recepționate de observator (profesorul din automobil), cu v viteza automobilului, iar cu e viteza luminii, atunci relația dintre aceste mărimi, stabilită de teorie, este

$$\frac{l}{l'} = 1 + \frac{V}{c}$$

Știind că unda cea mai scurtă corespunzătoare luminii roșii este egală cu 0,0063 mm, iar unda cea mai lungă a culorii verzi este egală cu 0,0056, înlocuim aceste valori în formulă. Viteza luminii ne este de asemenea cunoscută: 300 000 km/s. Avem deci:

$$\frac{0,0063}{0,0056} = 1 + \frac{V}{300000}$$

de unde viteza automobilului:

$$V = \frac{300000}{8} = 37500 \ km/s$$

sau 135 000 000 km pe oră. La o astfel de viteză, Wood s-ar fi depărtat într-o oră și ceva de polițai la o distanță mai mare decât cea până la Soare. Se spune că el a fost totuși amendat pentru „depășirea vitezei admise“.

CU VITEZA SUNETULUI

Ce ați auzi dumneavoastră dacă v-ați depărta cu viteza sunetului de o orchestră care cântă?

Omul care vine de la Leningrad cu un tren de poștă vede în toate gările, la toate chioșcurile, aceleași numere ale ziarului, tocmai pe cele care au apărut în ziua plecării sale. Este un lucru firesc, pentru că numerele respective ale ziarului călătoresc împreună cu pasagerul, iar numerele mai noi se află în trenurile care-l urmează. Pe această bază s-ar putea trage concluzia că, depărtându-ne de orchestră cu viteza sunetului, noi vom auzi mereu aceeași notă pe care orchestra o cânta în momentul inițial al mișcării noastre.

Dar această concluzie nu este justă; dacă vă depărtați cu viteza sunetului, atunci undele acustice, rămânând în repaus relativ față de dumneavoastră, nu lovesc timpanul, și, prin urmare, nu puteți auzi niciun sunet. Veți crede că orchestra nu mai cântă.

Dar de ce comparația cu ziarele a dus la alt răspuns? Pur și simplu pentru că în cazul de față am făcut în mod greșit analogia. Pasagerul care găsește pretutindeni același număr al ziarului își va imagina (adică și-ar putea imagina dacă ar uita că se deplasează) că apariția numerelor noi a încetat în capitală din ziua plecării lui. Pentru el ziarele și-au încetat existența, așa cum ar fi încetat existența sunetului pentru auditorul aflat în mișcare. Este interesant că această problemă poate încuia uneori și pe fizicieni, deși de fapt ea nu este chiar atât de complicată. Controversând cu mine – pe atunci eram încă elev – un astronom, decedat ulterior, nu era de acord cu această soluție a problemei de mai sus și afirma că, depărtându-ne cu viteza sunetului, noi trebuie să auzim tot timpul același ton. El își demonstra dreptatea făcând următorul raționament (reproduc un pasaj din scrisoarea lui):

„Să presupunem că răsună o notă de o anumită înălțime. Ea a răsunat astfel din timpuri străvechi și va suna nedefinit. Observatorii plasați în spațiu o aud succesiv și, să admitem, fără atenuare. De ce oare n-am putea-o auzi, dacă ne-am deplasa cu viteza sunetului sau chiar a gândului în locul oricăruia din acești observatori?“

Tot astfel el demonstra că observatorul care se depărtează de fulger cu viteza luminii va vedea tot timpul, neîntrerupt, acest fulger:

„Imaginați-vă – îmi scria el – un șir neîntrerupt de ochi în spațiu.

Fiecare dintre ei va primi senzația luminoasă după cel precedent; imaginați-vă că vă puteți transporta cu viteza gândului, succesiv, în locul fiecăruia din acești ochi și este clar că veți vedea tot timpul fulgerul”.

Bineînțeles că niciuna dintre cele două afirmații nu este justă: în condițiile menționate, noi nu vom auzi sunetul și nu vom vedea fulgerul. De altfel acest lucru se vede din formula din pagina 293; dacă înlocuim în ea v = –c, atunci lungimea undei recepționate l' este infinită, ceea ce este identic cu absența undelor.

Fizica distractivă s-a încheiat. Dacă ea a trezit dorința cititorului de a cunoaște mai îndeaproape domeniul necuprins al acestei științe din care a fost cules acest mănunchi pestriț de informații simple, atunci sarcina autorului a fost îndeplinită, scopul a fost atins și el pune punct după ultimul său cuvânt cu un sentiment de satisfacție.

99 DE ÎNTREBĂRI LEGATE DE VOLUMUL AL DOILEA AL FIZICII DISTRACTIVE

1. Putem observa dintr-un balon aerian cum se învârtește globul pământesc?

2. O greutate lansată de aviator în timpul zborului cade vertical?

3. Se poate oare aranja astfel încât pasagerii să părăsească fără pericol trenul în timpul mersului?

4. Când un spărgător sparge gheața cu prora sa, este egală acțiunea lui cu reacțiunea gheții?

5. De ce se înalță racheta? S-ar înălța o rachetă în spațiul lipsit de aer?

6. Există animale care se mișcă asemenea unei rachete?

7. Oare întotdeauna forțele îndreptate în direcții diferite nu-i comunică corpului nicio mișcare?

8. De ce arcul este mai rezistent decât tavanul plan?

9. Cum mișcă vântul barca cu vele?

10. Având o pârghie și un punct de sprijin, am putea ridica globul pământesc?

11. Cum se explică faptul că nodul ține trainic sforile care sunt legate cu el?

12. Am putea folosi nodurile dacă nu ar exista frecarea?

13. Arătați avantajele și dezavantajele care s-ar crea în lipsa frecării.

14. Când o perie de podele este în echilibru pe speteaza unui scaun, care dintre părțile ei este mai grea: cea scurtă sau cea lungă?

15. De ce nu se răstoarnă titirezul pus în mișcare?

16. Când nu se varsă apa dintr-un pahar răsturnat?

17. Când o bilă liberă nu se rostogolește în jos pe pantă?

18. Unde este mai mare forța gravitației: la Leningrad sau la Moscova?

19. De ce nu observăm atracția reciprocă a obiectelor dintr-o cameră?

20. Cât de mare ar fi săritura pe care ați putea-o face pe Lună?

21. La ce înălțime ar zbura în Lună un glonț dacă s-ar trage vertical în sus cu o armă modernă? Viteza inițială a glontelui este de 900 m/s.

22. Dacă globul pământesc ar fi sfredelit de-a lungul diametrului și în tunelul astfel format s-ar arunca o greutate, unde s-ar opri ea în lipsa rezistenței aerului?

23. Cum trebuie săpat tunelul prin munte pentru ca el să nu fie inundat de ploi?

24. Se poate arunca de pe Pământ un corp astfel încât el să nu cadă

pe suprafața Pământului?

25. În ce ape de pe teritoriul U.R.S.S. nu se înecă nici omul care nu știe să înoate?

26. Cum funcționează spărgătorul de gheață?

27. Navele înecate cad oare la fundul oceanului?

28. Pe care lege fizică s-a bazat ridicarea la suprafață a navei „Sadko“?

29. În ce constă „problema despre rezervoare” și este ea corect rezolvată în manualele de aritmetică școlare?

30. Se poate oare aranja astfel încât lichidul să curgă dintr-un vas în șuvoi neslăbit?

31. S-ar fi depărtat oare emisferele de Magdeburg dacă de fiecare parte ar fi tras câte 8 elefanți în loc de 8 cai, avându-se în vedere faptul că un elefant este de cinci ori mai puternic decât un cal?

32. Cum se explică funcționarea pulverizatorului?

33. De. Ce se atrag reciproc două nave care plutesc alături?

34. Ce rol are bășica la plutirea peștelui?

35. Care sunt cele două feluri de curgere a lichidului cunoscute în fizică?

36. De ce fumul iese în rotocoale din coșul unei fabrici?

37. De ce fâlfâie steagul în bătaia vântului?

38. De ce pe nisipul din deșert se formează valuri?

39. La ce înălțime trebuie să ne înălțăm în atmosferă pentru ca presiunea să scadă cu o miime?

40. Este oare aplicabilă legea lui Mariotte la aer sub o presiune de 500 de atmosfere?

41. În zilele cu vânt termometrul indică o temperatură mai scăzută decât în lipsa vântului?

42. De ce în zilele cu vânt gerul este mai greu de suportat decât în cele fără vânt?

43. În zilele calde de vară vântul aduce cu el totdeauna răcoare?

44. Pe ce se bazează acțiunea urcioarelor de răcire?

45. Cum putem construi un dulap frigorifer fără a folosi gheață?

46. Poate rezista organismul nostru la o căldură de 100°C?

47. De ce căldura de 36°C de la Tașkent se suportă mai ușor decât căldura de 24°C la Leningrad?

48. La ce servește sticla unei lămpi cu gaz?

49. De ce produsele arderii nu sting flacăra lămpii cu gaz sau a lumânării?

50. Cum ar arde flacăra în lipsa gravitației?

51. Cum s-ar încălzi pe un primus apa în lipsa forței de gravitație?

52. De ce apa stinge focul?

53. Pe ce se bazează stingerea incendiului din stepă prin metoda incendierii în sens contrar?

54. Va fierbe apa curată într-un vas încălzit cu apă clocotită?

55. Va îngheța apa dintr-o sticlă cufundată într-un amestec de apă cu gheață?

56. Poate să fiarbă apa la temperatura camerei?

57. Cum se determină presiunea atmosferică cu ajutorul termometrului?

58. Există gheață fierbinte?

59. Care dintre magneți sunt mai puternici: cei naturali sau cei artificiali?

60. Ce metale în afară de fier sunt atrase de magneți?

61. Există metale respinse de magneți puternici?

62. Exercită oare magnetul vreo influență asupra lichidelor și gazelor?

63. În ce loc al globului pământesc acul magnetic indică nordul (sudul) cu ambele lui vârfuri?

64. Ce atracție este mai puternică: a fierului de către magnet sau a magnetului de către fier?

65. Ce organ al simțurilor percepe acțiunea forței magnetice?

66. Macaraua electromagnetică poate ridica calupuri de metal incandescent?

67. De ce apropierea unui magnet puternic dăunează ceasului de aur? Care este ceasul pentru care este inofensivă această acțiune?

68. Ce este ceasul cu radiu? Poate fi numit el perpetuam mobile?

69. Cum se determină pe baza integrării radioactive vârsta mineralelor și a Pământului?

70. De ce păsările se așază, fără niciun pericol pentru ele, pe firele conductorilor de înaltă tensiune?

71. Cât timp durează un fulger?

72. Ce unghi trebuie să formeze între ele două oglinzi pentru ca un obiect reflectat în ele să dea șapte imagini?

73. Ce diferență este între motorul solar și încălzitorul solar?

74. Ce este „heliotehnica“?

75. De ce cristalinul ochiului este rotund la pești?

76. Putem citi o carte stând cufundați sub apă?

77. Cine distinge mai bine obiectele sub apă: scafandrul cu cască pe cap sau omul care s-a cufundat sub apă fără cască?

78. Poate servi o lentilă biconvexă pentru micșorarea obiectelor? Dar lentila biconcavă poate servi pentru a le mări?

79. De ce fundul iazului pare înălțat?

80. Ce este „unghiul de limită”?

81. Ce este „reflexia totală”?
82. La ce folosește peștilor culoarea lor argintie?
83. Ce este „pata oarbă” din ochiul nostru? Cum să ne convingem de existența ei?
84. Ce este „unghiul vizual”?
85. La ce distanță de ochi trebuie ținută o monedă pentru ca ea să acopere complet Luna plină?
86. Cât de mult se depărtează laturile unui unghi de 1’ la distanța de 10 în de vârf?
87. Diametrul lui Jupiter este aproximativ de 10 ori mai mare decât diametrul Pământului. La ce distanță de noi se află această planetă când discul ei se observă sub un unghi de 40"?
88. Cum trebuie înțelese expresiile: „microscopul mărește de 300 de ori“, „telescopul apropie de 500 de ori“?
89. De ce adesea pe ecran roțile automobilului se învârtesc înapoi în timp ce automobilul avansează?
90. Se poate oare aranja astfel încât un ax care se rotește repede să apară oprit pentru ochiul nostru?
91. Este oare adevărat că iepurele vede obiectele aflate în spatele lui fără să-și întoarcă capul?
92. Este adevărat că „noaptea toate pisicile sunt cenușii“?
93. Ce se propagă mai repede: semnalul radio sau sunetul în aer?
94. Ce se mișcă mai repede: glonțul sau detunătura?
95. Ce sunete acustice nu sunt percepute de urechea noastră?
96. Sunetele insonore au vreo utilizare tehnică?
97. Ce este „norul acustic“?
98. Cum variază tonul sirenei unei locomotive, care se apropie?
99. Ce am auzi dacă ne-am depărta de orchestră cu viteza sunetului?

ANEXĂ

Oameni de știință și literați menționați în lucrare.

ARAGO, DOMINIQUE FRANțOIS (1786—1853)

Astronom și fizician francez.

Cunoscut popularizator de știință. Începutul vieții i-a fost zbuciumat; în insula Maiorca a căzut în captivitatea spaniolilor, răsculați contra francezilor.

În fizică s-a ocupat cu cercetări în domeniul opticii și al electromagnetismului. A publicat multe observații astronomice. Din anul 1809 a fost profesor la Politehnica din Paris.

ARHIMEDE (287—212 î.e.n.)

Cel mai mare matematician și fizician al antichității a trăit în orașul natal Siracuza (în Sicii ia) și a murit tot acolo în timpul războiului cu romanii, când un soldat l-a asasinat pe savantul adâncit în rezolvarea unei probleme.

Nu se știe cine l-a inițiat în matematică.

A scris lucrări cu caracter pur matematic (numerarea firelor de nisip), apoi lucrări de geometrie (măsurarea cercului, dând pentru tu valoarea 3— < tu < 3 –, sfera, cilindrul, cvadratura parabolei, sferoizi, conoizi, spirale etc.), lucrări de fizică (echilibrul planelor, plutirea corpurilor) și lucrări de astronomie.

A fost un mare tehnician, fiind un ingenios inventator și constructor de mașini. El a organizat apărarea orașului său natal împotriva cotropitorilor întrebuințând diferite mașini, după cum ne arată scrierile contemporane.

Marcellus i-a ridicat un monument funerar pe care a gravat următoarea teoremă cunoscută a lui Arhimede: volumul conului, al semisferei și al cilindrului cu aceeași bază și înălțime sunt în raport de 1: 2: 3.

ARISTOTEL (384—322 î.e.n.)

Filosof grec, cel mai mare gânditor al antichității. A fost elevul lui Platon timp de 17 ani.

Către sfârșitul vieții a întemeiat și a condus o școală filosofică în Atena, în gimnaziul Lykeion.

El a pus bazele logicii formale ca știință. A scris lucrări de metafizică, etică și lucrări de științele naturii, descriind mai multe specii de animale.

Conform teoriei lui, universul este o sferă, având în centru Pământul, iar pe suprafața acestei sfere se mișcă celelalte corpuri cerești.

Privitor la viața societății omenești este de părere că. Scopul statului trebuie să fie îndrumarea cetățenilor spre virtute. Cu toate aceste convingeri ale sale, admitea sclavagismul.

Concepțiile lui Aristotel s-au bucurat de o mare răspândire nu numai în Evul Mediu, ci și mai târziu.

BERNOULLI, DANIEL (1700—1782)

Matematician elvețian. Originar dintr-o familie care în secolele XVII-XVIII a dat opt matematicieni. Este fiul lui Johann Bernoulli (1667—1748), și el matematician renumit, care a avut trei fii, toți matematicieni.

Bernoulli Daniel a fost profesor de fizică la Basel. Are lucrări

importante de hidrodinamică și acustică. Studiile sale despre gaze formează începuturile teoriei moderne a gazelor.

BORELLI, GIOVANNI ALFONSO (1608—1679)

Medic și matematician italian.

La începutul activității sale a fost profesor în Messina, apoi la universitatea din Pisa, unde a predat matematică, fizică, astronomie și medicină. Opera cea mai importantă a acestui învățat poartă titlul De motu animalium (Despre mișcarea animalelor).

BOYLE, ROBERT (1627—1691)

Fizician, chimist și filosof englez.

Reîntorcându-se din călătoriile făcute în tinerețe s-a dedicat științei.

A descoperit independent de Mariotte o lege a gazelor, potrivit căreia presiunea gazelor perfecte la temperatură constantă este invers proporțională cu volumul (legea Boyle-Mariotte). A studiat comportarea corpurilor în vid.

A produs hidrogenul și a aplicat teoria atomică la explicarea transformărilor chimice.

Boyle a fost adeptul materialismului mecanicist, încercând să explice toate fenomenele și procesele ce se petrec în natură prin legile mecanice.

BRUNELLESCHI, FIUPPO (1377—1446)

Sculptor și arhitect italian.

Și-a început activitatea ca și alți sculptori în atelierul unui giuvaergiu.

Ni s-au păstrat mai multe lucrări de-ale lui. La Roma a studiat arhitectura. Dintre construcțiile lui mai importante se pot menționa cupola catedralei din Florența și construirea mai multor biserici și palate.

A stabilit legile perspectivei și a deschis direcții noi în arhitectură.

CEHOV, ANTON PAVLOVICI (1860—1904)

Mare scriitor rus.

A studiat și terminat medicina, dar a practicat-o puțin. Activitatea literară și-a început-o ca elev de liceu. A publicat numeroase schițe, nuvele, drame și descrieri de călătorie. În opera sa el zugrăvește cu talent contradicțiile din viața Rusiei țariste, dând o imagine a claselor sociale în preajma revoluției burghezo-democratice. În măruntele acțiuni ale vieții cotidiene apare îmbuibarea clasei dominante exploatatoare și mizeria claselor asuprite.

A exercitat influență asupra dezvoltării literaturii ruse. Această

influență s-a resimțit în lucrările scriitorilor ruși I. A. Bunin, A. I. Kuprin și în dramaturgia lui M. Gorki.

Dar influența creației lui Cehov nu s-a mărginit numai la literatura rusă, ci a trecut peste granițele Rusiei.

Este un reprezentant de seamă al realismului critic în literatura universală.

CLEMENT, DESORMES (1779—1842)

Fizician și chimist francez.

A studiat căldura specifică a gazelor și alte proprietăți ale lor. În chimie a pus în aplicare a metodă pentru fabricarea acidului sulfuric, fabricare care a luat mai târziu o dezvoltare mare.

COLUMB CRISTOFOR (Numele spaniol Cristobal Colon) (1446—1506)

Navigator italian, descoperitorul Americii.

Din hărțile și scrierile păstrate de socrul său, și el navigator, și-a format părerea că există o cale mai scurtă spre Indii. Între anii 1492—1504, având aprobarea regelui Spaniei, Ferdinand de Aragon și a soției sale, Izabella de Cas- tillia, a întreprins patru călătorii. În cursul acestor călătorii a descoperit insula Guanahami,. Cuba, Haiti, Antilele, insula Dominico, Monserrat și Porto Rico. După reîntoarcerea din primele două călătorii a fost primit în Spania cu mare fast, dar în urma intrigilor de la curtea regală i s-au adus mai târziu diferite acuzații. Deși nevinovăția sa a fost dovedită, totuși în restul vieții sale a fost dat uitării, re-cunoscându-i-se abia după moartea sa marile merite pentru dezvoltarea comerțului și a navigației și pentru lărgirea cunoștințelor despre Pământ.

COOPER, JAMES FENIMORE (1789—1851)

Romancier american.

A studiat dreptul, a servit apoi în marină și după ce în călătoriile sale a acumulat mult material a devenit scriitor.

În romanele sale tratează luptele pentru independență, viața indienilor și lupta lor împotriva colonialiștilor.

CYRANO, DE BERGERAC, SAVINIEN (1619—1655)

Scriitor francez inventiv.

Gânditor materialist. A scris tragedii și comedii. Opera sa despre o călătorie în Lună și Soare cuprinde multe elemente satirice. Viața lui plină de aventuri a inspirat celebra comedie a lui Edmond Rostand, comedie care poartă numele lui Cyrano de Bergerac.

DARWIN, CHARLES ROBERT (1809—1882)

Naturalist englez.

Descendentul unei familii de naturaliști. După terminarea liceului a studiat medicina și teologia. La vârsta de 22 de ani a plecat într-o călătorie în jurul Pământului. Pentru cercetările sale, a adunat mult material în călătoria întreprinsă: plante, animale și fosile. Acest material l-a publicat mai târziu. A studiat viața și obiceiurile oamenilor.

Lucrarea sa despre Originea speciilor, publicată în anul 1859, i-a făcut numele nemuritor. În această operă Darwin susține că animalele și plantele în existența lor sunt supuse continuu unei evoluții, unor modificări în urma cărora dispar formele vechi și se nasc forme noi. Observând și sintetizând aceste modificări a creat teoria selecției naturale afirmând că modificările obvenite se moștenesc de la o generație la alta. Pentru evoluția vietăților Darwin a supraestimat rolul luptei pentru existență, considerând această luptă pentru existență ca singurul factor determinant în transformarea organismelor.

DOPPLER, CHRISTIAN (1803—1853)

Matematician și fizician german.

A fost profesor de matematică și fizică la mai multe institute, a funcționat ca profesor de fizică și la Institutul politehnic din Viena.

A efectuat diferite cercetări în domeniul fizicii și astronomiei.

De numele lui este legat principiul potrivit căruia înălțimea sunetului se schimbă dacă izvorul sunetului și observatorul nu sunt în repaus și se apropie sau se depărtează unul de celălalt. Principiul este valabil și pentru culoarea luminii.

EULER, LEONHARD (1707—1783)

Matematician și fizician elvețian.

A fost mult timp profesor la universitatea din Petersburg.

A depus o activitate intensă în toate domeniile fizicii și matematicii pe care n-a întrerupt-o nici după ce și-a pierdut vederea.

A adus contribuții valoroase în calculul variațiilor, în teoria ecuațiilor diferențiale, în optică, în mecanică, în astronomie etc.

FLAMMARION, CAMILLE (1842—1925)

Astronom francez.

A lucrat la observatorul astronomic din Paris, iar mai târziu a avut și el un observator astronomic particular, unde a făcut mai multe descoperiri privitoare la corpurile cerești. A publicat lucrări pentru popularizarea astronomiei.

GALILEO, GALILEI (1564—1642)

Mare învățat italian născut la Pisa.

La începutul activității sale s-a pregătit pentru medicină la universitatea din Paris. Studiind fizica lui Aristotel, a observat lipsurile ei. Pentru a le putea combate, a început să studieze matematica, considerând matematica ca bază pentru cercetarea naturii. A activat în Florența; din 1589 a fost profesor de matematică la Pisa, iar mai târziu la universitatea din Padua.

A desfășurat o activitate multilaterală, a studiat mișcarea pendulului, greutatea specifică a corpurilor, căderea libera a corpurilor, legea inerției etc.

A construit o lunetă cu ajutorul căreia a făcut diferite descoperiri astronomice. Din cauza descoperirilor și a adeziunii sale la sistemul planetar al lui Copernic, a suferit până la moarte multe persecuției din partea inchiziției papale. În cele din urmă a fost constrâns să-și retracteze învățăturile sale despre sistemul solar.

GOGOL, NIKOLAI VASILJEVICI (1809—1852)

Scriitor rus.

Reprezentant al realismului critic rus. A scris romane, nuvele și comedii. În lucrările sale satirizează corupția moșie- rimii și a aparatului administrativ din regimul țarist, înfățișând portrete ale reprezentanților claselor dominante exploatatoare, ale micilor salariați din provincie și ale oamenilor asupriți.

Ca umorist ocupă un loc de frunte în literatura universală. Creația sa literară a exercitat o influență atât asupra dezvoltării literaturii ruse, cât și asupra altor literaturi.

GUERICKE, OTTO VON (1602—1686)

Fizician german, născut în Magdeburg, a decedat în Ham- burg.

A fost primarul orașului Magdeburg.

A inventat pompa pneumatică cu care a făcut mai multe experiențe.

A construit un barometru cu apă, un termometru cu aer și o mașină electrică.

A studiat și cometele.

GUILLAUME, CHARLES EDUARD (1861—1930?)

A fost directorul Institutului de măsuri din Franța. A făcut studii asupra termometrului cu mercur. A inventat metalul „invar“, un aliaj din nichel și oțel.

A scris mai multe lucrări despre unitățile de măsură, în anul 1920 a primit premiul Nobel.

HELMONT, JOHANN BAPTIST VAN (1577—1644)

Medic și filosof olandez.

A făcut studii de medicină chirurgicală. După călătoriile făcute în mai multe țări s-a dedicat exclusiv chimiei. A combătut teoriile lui Paracelsus (medic elvețian, care a introdus în medicină practici de vrăjitorie).

HERON DIN ALEXANDRIA (secolul I sau al II-lea î.e.n.)

Tehnician, fizician și matematician grec.

Din lucrările lui ni s-au păstrat următoarele: Prese și automate, Mecanica și katoptrica, Metrica și dioptrica. În operele sale care ni-l prezintă ca pe un talent practic, inventiv și genial, descrie instrumente acționate de aer cald și aburi. A construit între altele jucării hidraulice și mecanice, apoi un instrument pentru măsurări de lungime și altitudini, numit dioptra.

A cunoscut legile pentru reflectarea luminii.

A sistematizat cunoștințele despre ariile figurilor plane, despre suprafețele și volumele corpurilor. Dă formule pentru aproximarea rădăcinii pătrate și cubice. Rezolvă ecuații nedeterminate.

KANT, IMMANUEL (1724—1804)

Filosof idealist german.

S-a născut în Konigsberg, unde și-a petrecut aproape toată viața. Lenin caracterizează filosofia lui Kant astfel: „Trăsătura esențială a filosofiei lui Kant rezidă tocmai în concilierea materialismului cu idealismul, în stabilirea unui compromis între acestea, în combinarea într-un singur sistem a unor curente filosofice eterogene, opuse“.

Învățătura lui Kant a avut o mare influență atât asupra filosofiei contemporanilor săi, cât și asupra învățaților care mai târziu au dezvoltat doctrina lui filosofică.

KRÎLOV, IVAN ANDREEVICI (1769—1844)

Fabulist rus.

A scris mai multe fabule în care biciuiește clasele conducătoare din Rusia țaristă, demascând îngâmfarea, birocratismul, abuzurile și alte vicii ale claselor dominante.

Comediile lui nu s-au bucurat de o prea bună primire. Unele fabule ale lui au servit ca izvor fabulistului român Alexandru Donici.

LAPLACE, PIERRE SIMON DE (1749—1827)

Matematician, fizician și astronom francez.

A lucrat în domeniul calculului probabilităților și al ecuațiilor diferențiale parțiale.

În fizică a adus contribuții privitoare la refracția luminii, la studiul gazelor, la viteza sunetului și la căldură.

A continuat și adâncit lucrările astronomice ale lui Newton. Opera lui principală este „Mecanica cerească”.

LAVOISIER, ANTOINE LAURENT (1743—1794)

Fizician și chimist francez.

A studiat teoria arderii, a analizat apa, a elaborat principiul conservării materiei. A folosit balanța pentru cercetările sale.

A avut un sfârșit tragic, ca fost arendaș al impozitelor fiind condamnat la moarte.

LEONARDO DA VINCI (1452—1519)

Arhitect, sculptor, pictor, naturalist italian.

Educația și-a făcut-o în atelierul lui Andrea Verrochio din Florența.

A activat în orașele Milano, Mantua, Veneția, Florența și Roma. Către sfârșitul vieții a trecut în Franța, unde a și murit.

Ni s-au păstrat mai multe picturi cu caracter religios și portrete, dintre care cel mai renumit este Mona Lisa, cunoscută și sub numele de Gioconda.

Ca sculptor a creat statuia lui Francesco Sforza.

A scris tratate de anatomie, de pictură, de perspectivă geometrică și de proporționalitate. Talent multilateral, fiind și muzicant și scriitor.

Dintre lucrările lui ni s-au păstrat numeroase desene.

LOMONOSOV, MIHAIL VASILIEVICI (1711—1765)

Savant enciclopedist și scriitor rus.

A fost profesor de chimie la universitatea din Petersburg. A desfășurat o intensă activitate științifică în domeniul chimiei, fizicii și geologiei, făcând diferite descoperiri.

A scris și ode, cântece și epistole. A pus bazele prozodiei rusești și a scris prima gramatică sistematică a limbii ruse.

Universitatea din Moscova îi poartă numele.

LUCRETIUS, TITUS LUCRETIUS CARUS (97—53 î.e.n.)

Poet și filosof naturalist roman.

Opera sa principală este „De natura lucrurilor” („De natura rerum“). În această lucrare, principiile materialiste ale lui Lucretius se amestecă cu puține elemente idealiste. În lume – zice Lucretius – nu există nimic afară de materia alcătuită din atomi. Diversitatea lucrurilor rezultă din

combinarea diversă a atomilor. Lumea nu este creată de nicio zeitate. Critică prejudecățile religioase. Este adeptul vieții liniștite aici pe pământ, căci după moarte nu exista altă viața.

Opera lui Lucretius a contribuit mult la răspândirea și dezvoltarea ulterioară a materialismului.

MARCONI, GUGLIELMO (1874—1937)

Electrician și inventator italian.

În urma experimentărilor începute în 1897 a reușit să întrebuințeze undele electrice pentru telegrafia fără fir. În 1902 a transmis prima telegramă fără fir din Irlanda în Canada, în 1909 a primit premiul Nobel.

MARIOTTE, EDME (1620—1684)

Fizician francez.

Experimentator dibaci care, deși a avut cunoștințe defectuoase de matematică, a realizat multe descoperiri. A studiat lichidele în mișcare și în echilibru, și fenomenele optice.

A stabilit, independent de Boyle, legea presiunii gazelor, numită legea Boyle-Mariotte, potrivit căreia, la temperatură constantă, presiunea gazelor perfecte este invers proporțională cu volumul lor.

MASKELYNE, NEVIL (1732—1811)

Astronom englez.

A fost directorul observatorului astronomic din Greenwich. A studiat atracția corpurilor terestre. În anul 1775 a calculat densitatea medie a Pământului.

MAUPERTUIS, PIERRE LOUIS MOREAU DE (1698—1759)

Fizician și matematician francez.

După ce s-a retras din armată, s-a dedicat exclusiv cercetărilor științifice. A elaborat numeroase lucrări de matematică și fizică.

A participat la lucrările pentru măsurarea meridianului pământesc.

MONTGOLFIER, JOSEPH MIGHEL (1740—1810)

Industriaș și inventator francez.

A studiat matematica și mecanica. A condus fabrica de hârtie a tatălui său.

MONTGOLFIER, JACQUES ETIENNE (1745—1799)

La începutul activității sale a fost arhitect, apoi fabricant de hârtie împreună cu fratele său, Montgolfier, Joseph Michel.

Cei doi frați Montgolfier au construit primul aerostat cu aer cald în

anul 1783 și au elaborat mai multe lucrări privind mașinile aerostatice.

Etienne Montgolfier a stabilit metoda pentru îmbunătățirea calității hârtiei.

MURRAY, JOHN (1841—1914)

Oceanograf american.

A participat la mai multe expediții oceanografice. A coordonat rezultatele expediției din 1872—1876, care au fost publicate în mai multe volume.

A elaborat numeroase lucrări despre fauna oceanelor.

A înființat câteva stații pentru cercetări maritime.

MONCHHAUSEN, KARL FRIEDRICH HIERONYMUS (1720—1797) Scriitor rus.

A fost ofițer în armata rusă. După demisia din armată a trăit la moșia sa.

S-a făcut cunoscut prin povestirile sale, care cuprind situații și întâmplări exagerate și miraculoase.

NEWTON, ISAAC (1643—1727)

Mare matematician, fizician și astronom englez. Fondatorul matematicii, fizicii și astronomiei moderne. A desfășurat o activitate științifică multilaterală. Șirul binomial, calculul diferențial, gravitația generală, legile fundamentale ale mecanicii, teoria luminii, diferite aparate optice și multe alte probleme care l-au preocupat, l-au făcut nemuritor.

PAVLOV, IVAN PETROVICI (1849—1936)

Savant fiziolog sovietic.

A fost profesor la Academia medico-chirurgicală, apoi director al Institutului de medicină.

Renumele mondial de savant și l-a câștigat prin cercetările în domeniul fiziologiei digestiei și prin studiile privind activitatea emisferelor cerebrale.

A descoperit reflexele condiționate, adică reflexele provocate și însușite de modul de viață.

Este adeptul materialismului în știință.

PERELMAN, IACOB ISIDOROVICI (1882—1942)

Popularizator de știință sovietic.

I.I. Perelman, autorul acestei cărți, după ce a terminat învățământul primar și liceul în orașul său natal, Belostok, din gubernia

Grodenenskaia, a urmat studiile superioare la Institutul de Silvicultură din Petersburg.

Perelman n-a profesat practic silvicultura, ci s-a dedicat carierei de profesor.

Vocația și talentul său de popularizator de știință s-au manifestat încă pe băncile școlii.

A scris mai multe lucrări pentru popularizarea științei care au fost traduse în mai multe limbi.

A murit la 16 martie 1942, în urma muncii intense depusă pentru apărarea orașului erou, Leningrad, și în urma lipsurilor provocate de blocada fascistă a orașului.

PERRY, JOHN (1850—1920)

Fizician englez.

A construit un dinam, lămpi electrice, aparate de măsurat etc.

PICARD, AUGUSTE (1884—1962)

Explorator elvețian.

A fost profesor la universitatea din Bruxelles.

A făcut ascensiuni în stratosferă cu stratostatul inventat de el, iar cu batiscaful a coborât în adâncimile mării pentru a efectua studii.

PLATEAU, JOSEPH (1801 – 1883)

Fizician belgian.

A fost profesor la universitatea din Geneva. A studiat fenomenele optice, cele capilare și suprafața lichidelor aflate în echilibru.

PLINIUS CEL BĂTRÂN, CAIUS PLINIUS SECUNDUS (23—79 e.n.) Naturalist roman.

A fost ofițer. Are lucrări istorice și de tactică militară. Ni s-a păstrat lucrarea sa cea mai importantă, Istoria naturală, care este o enciclopedie compusă după mai multe opere latine și eline.

A murit în timpul erupției Vezuviului, fiind victima dorinței sale de a studia acțiunea vulcanului.

PLUTARH (circa 48—circa 120 e.n.)

Istoric și filosof grec.

Scriitor fecund. Opera sa principală, „Viețile paralele”, care cuprinde biografiile oamenilor de stat romani și greci, se mărginește mai mult la înșirarea meritelor și calităților celor tratați și e lipsită de critică.

În lucrările sale filosofice expune problemele vieții cotidiene.

POE. EDGAR ALLAN (1809—1849)

Poet și prozator american.

Persoană foarte talentată, dar și foarte neechilibrată. Poeziile lui cuprind multe elemente înfiorătoare. În proză tratează istorioare polițiste și fantastico-științifice.

După moartea soției sale a decăzut și a murit în delirium tremens, boală cauzată de abuzul băuturilor alcoolice.

POMEALOVSKI, NIKOLAI GHERASIMOVICI (1835—1863)

Scriitor rus.

A scris romane în care arată, între altele, urmările nefaste ale educației religioase.

PUȘKIN, ALEKSANDR SERGHEEVICI (1799—1837)

Poet rus.

A primit educație franceză. Primele lui lucrări au și apărut în limba franceză. Prin poemul „Ruslan și Ludmila“ a devenit celebru în literatura rusă.

A scris poezii epice și lirice, romane, nuvele și piese de teatru. În scrierile sale critică țarismul, cântă dorul de libertate și dragostea de viață a poporului.

Pușkin este unul din marii lirici ai literaturii universale. Pentru ideile progresiste ce le-a profesat a fost exilat din capitală.

A fost ucis într-un duel, pus la cale de curtea țaristă.

SEGNER, IOAN ANDREI (1704—1777)

Fizician german.

Un timp oarecare a practicat medicina, apoi a devenit profesor de fizică la mai multe universități germane.

A publicat lucrări de mecanică. A construit aparate de fizică.

SWIFT, IONATHAN (1667 —1745).

Scriitor satiric englez.

În scrierile sale a satirizat cele trei biserici: catolică, protestantă și presbiteriană. A descris stările de mizerie și a militat pentru libertatea poporului din Irlanda.

Lucrarea lui cea mai mult citită poartă titlul: Călătoriile lui Gulliver în țara piticilor și în țara uriașilor. În cadrul acestor călătorii fantastice făcute în diferite țări, critică stările epocii sale și descrie viața luxoasă de la curte și viciile păturilor aristocratice, dar nu cruță nici burghezia.

TAIT, GUTHRIE (1831—1901)

Matematician, și fizician englez.
A predat matematica și fizica la universitățile din Anglia.

TORRICELLI, EVANGELISTA (1608—1647)
Fizician italian.
După moartea lui Galileo Galilei (1642) a luat locul fostului său profesor și a devenit matematician și fizician la curtea prințului din Toscana.
Experiența lui Torircelli pentru demonstrarea presiunii atmosferice asupra obiectelor a servit ca punct de plecare pentru inventarea barometrului. A stabilit legea de scurgere a lichidelor, a îmbunătățit instrumentele pentru cercetarea corpurilor cerești.

TWAIN, MARK (1835—1910)
Numele original: Samuel Langhorne Clemens.
Scriitor și publicist american, celebru prin scrierile sale umoristice.
A fost tipograf, marinar și apoi ziarist.
A călătorit mult.
A scris romane, nuvele, descrieri de călătorie, schițe umoristice în care critică și satirizează moravurile societății.
Este fondatorul realismului critic în literatura americană.

TYNDALL, JOHN (1820—1893)
Fizician englez.
A publicat mai multe studii privind acustica, căldura, diamagnetismul, conservarea energiei etc. A descoperit efectul de lumină ce-i poartă numele.

ȚIOLKOVSKI, KONSTANTIN EDUARDOVICI (1857—1935)
Inventator sovietic.
Lucrările sale privesc teoria avioanelor și a diferitelor rachete cosmice.

VARIGNON, PIERRE (1654—1722)
Matematician francez.
A desfășurat o activitate, științifică fecundă în domeniul mecanicii, unde a continuat și dezvoltat rezultatele obținute de Galilei. O teoremă din mecanică despre mai multe forțe concurente este cunoscută sub numele lui.

VERNE, JULES (1828—1905)
Scriitor francez foarte fecund.

A scris romane de aventuri și de popularizare a științei, cuprinzând teorii considerate, pe vremea lui, fantastice, dar care azi, integral sau parțial, au devenit realizabile.

Este fondatorul romanului științifico-fantastic.

VINOGRADOV, ALEKSANDR PAVLOVICI (născut în 1895) Academician sovietic.

A studiat componența scoarței pământești, a descris elementele ei și răspândirea lor. Geochimist.

VOLTAIRE (1694—1778)

Numele lui este: Francois Marie de Arouet.

Scriitor și filosof francez.

A făcut studii juridice, dar l-a interesat mai mult literatura. Operele lui sunt numeroase și de toate genurile: epopee, tragedie, roman, nuvelă, epigramă și lucrări filosofice și istorice. În povestirea sa intitulată: „Micromegas“, doi locuitori ai planetei Saturn descind pe pământ, unde se miră de cruzimea războaielor nebune și de disputele sterile de metafizică.

N-a fost ateu, dar a combătut atitudinea clerului catolic. A sprijinit și apărat pe victimele justiției din vremea sa.

A fost închis în Bastilia de două ori și un timp expulzat din Franța pentru vederile sale progresiste.

A avut o corespondență vastă cu persoanele mai importante din timpul său.

Voltaire este un reprezentant al iluminismului francez, curent filosofic, care lupta contra nedreptăților sociale și cerea răspândirea culturii în popor.

WELLS, HERBERT GEORGE (1866—1946)

Scriitor și publicist englez cu renume.

Bun cunoscător al științelor naturii.

Romanele și nuvelele sale, foarte răspândite, conțin, pe lângă multe elemente reale din științele naturii, și idei fantastice.

WIENER OTTO (1862 – 1927)

Fizician german.

A fost profesor la Universitatea din Leipzig.

A efectuat mai multe lucrări în domeniul opticii.